

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME MIGUEL UEDA

**CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA DA DESEMBOCADURA SUL DO
COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ**

PONTAL DO PARANÁ

2008

GUILHERME MIGUEL UEDA

**CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA DA DESEMBOLADURA SUL DO
COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia com habilitação em Pesquisa Oceanográfica, ao Curso de Graduação em Oceanografia, Setor de Ciência da Terra, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Maurício A. Noernberg

PONTAL DO PARANÁ

2008

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, os quais sem o apoio deles eu nunca conseguiria concluir este curso.

Ao Professor Maurício Noernberg por ter orientado, pelas conversas e pelo aprendizado em si.

Aos meus amigos, entre eles os todos os Nocts, que propiciaram estes anos de graduação agradáveis e com eles além da diversão aprendi demais.

Aos Atalibas (Rafael, Renan, Ricardo e Sherlock) que eu morei durante esta fase da minha vida.

Ao pessoal do Laboratório de Física Marinha que sempre de boa vontade, ajudaram que este trabalho fosse concluído. Em especial ao Joaquim que sem suas aulas de Matlab e paciência o processamento destes dados ainda estariam sendo feitos.

Aos Barqueiros que participaram das coletas de 25 horas e passaram por vários contratempos viabilizaram este trabalho.

Enfim a Ana Carolina que me aturou durante este tempo todo.

RESUMO

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) possui uma grande diversidade de ambientes incluindo planícies de maré, baixios, costões rochosos, marismas, canais de maré e manguezais, cujo funcionamento é influenciado pela sua hidrodinâmica. O CEP possui duas ligações principais com oceano, as quais são denominadas Norte e Sul, de acordo com a sua posição geográfica. O presente estudo se refere à região do Canal da Galheta, mais especificamente num transecto entre a Ponta do Poço e a Ilha do Mel. Este trabalho tem como objetivo descrever as características hidrográficas e hidrodinâmicas da desembocadura Sul do Complexo Estuarino de Paranaguá, durante um ciclo de maré de sizígia e quadratura no verão de 2008. Para coletar estes parâmetros físicos foram realizadas duas campanhas de amostragens: i) 14/15 de fevereiro de 2008, referente à maré de quadratura; ii) 21/22 de fevereiro de 2008, relativo à maré de sizígia. O equipamento utilizado para medição das correntes foi o ADP (Acoustic Doppler Profile) da SonTek e os dados referentes à temperatura, salinidade e densidade foram obtidos com o correntógrafo eletromagnético e CTD S4 da InterOcean. Os resultados obtidos na campanha de quadratura mostraram uma grande estratificação da coluna d'água de acordo com a fase da maré, com diferença de salinidade entre o fundo e a superfície chegando a 7.6 g kg^{-1} . Em relação às correntes neste período foi verificada uma variação de -90 cm s^{-1} na enchente e 105 cm s^{-1} na vazante e durante as estofas de maré observou um fluxo bi-direcional bem formado, com correntes orientadas estuário acima e abaixo, nas camadas de superfície e fundo respectivamente. Na campanha de sizígia a estratificação foi bem mais amena devido aos processos turbulentos criados pela alta intensidade das correntes de maré. As correntes analisadas neste período variaram de -110 cm s^{-1} até 170 cm s^{-1} .

Palavras-chave: Complexo Estuarino de Paranaguá, hidrodinâmica, estratificação, ciclo de maré, ADP, CTD.

ABSTRACT

The Paranaguá Estuarine Complex (PEC) has a big diversity of environments including tidal plains, rock coasts, marisms, tide channels and mangroves, of which performance is influenced by its hydrodynamics. The PEC has two main junctions with the ocean whose are called North and South, according to its geographical position. The present study refers to Galheta Channel's region, more specific at a cross estuary section between Ponta do Poço and Mel's island. The objective of this study is to describe the hydrographics and hydrodynamics characteristics of the south inlet of Paranaguá Estuarine Complex, during a spring and a neap tide cycle in the summer of 2008. To collect this physics parameters two surveys were made: February 14/15th of 2008, referring to neap tide; and February 21/22th of 2008, related to the spring tide. To measure the currents it was used the ADP (Acoustic Doppler Profile) of SonTek and the temperature, salinity and density data were acquired with a current meters and CTD S4 InterOcean. The results obtained during the neap tide survey showed a big stratification of the water column according to the tide period, with a salinity difference between the bottom and the surface reaching 7.6 g kg^{-1} . In relation to the currents in this period, it was observed a variation of -90 cm s^{-1} during the flood-tide and 105 cm s^{-1} during the ebb-tide. During the max and min of tides it was observed a bi-directional flux well formatted. On the spring tide survey, the stratification was not very defined because of turbulent processes created by the high intensity of the tidal currents. The currents analyzed during this period varied from -110 cm s^{-1} to 170 cm s^{-1} .

Key-words: Paranaguá Estuarine Complex, hydrodynamic, stratification, tide cycle, ADP, CTD.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: REFERE-SE À PRECIPITAÇÃO ACUMULADA DURANTE OS 7 DIAS QUE ANTECEDERAM AS COLETAS DE SIZÍGIA E QUADRATURA.	35
TABELA 2: TABELA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO DO CANAL.	36
TABELA 3: TABELA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO ILHA.	38
TABELA 4: TABELA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO PONTAL.	39
TABELA 5: ESTA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO CANAL.	45
TABELA 6: ESTA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO ILHA.	46
TABELA 7: ESTA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO PONTAL.	48
TABELA 8: VALORES DA ÁREA DO TRANSECTO, VELOCIDADE MÉDIA DA CORRENTE, DESCARGA NA SUPERFÍCIE E FUNDO, E A DESCARGA TOTAL PARA O PERÍODO DE QUADRATURA.	86
TABELA 9: VALORES DA ÁREA DO TRANSECTO, VELOCIDADE MÉDIA DA CORRENTE, DESCARGA NA SUPERFÍCIE E FUNDO, E A DESCARGA TOTAL PARA O PERÍODO DE SIZÍGIA.	88

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1:** REGIÕES DE UM ESTUÁRIO ILUSTRATIVO. ONDE: S= SALINIDADE E QF= DESCARGA DE ÁGUA DOCE, QUE É ONDE A MARÉ DEIXA DE INFLUENCIAR (KJERFVE, 1990). 15
- FIGURA 2:** REPRESENTAÇÃO DO CEP, INDICANDO SUAS DESEMBOLCADURAS, ÁREAS URBANAS, BAÍAS E SUB-ESTUÁRIOS E AINDA O TRANSECTO AMOSTRADO (MODIFICADO DE NOERNBERG, 2001). 23
- FIGURA 3:** POSIÇÃO GEOGRÁFICA DOS PONTOS AMOSTRADOS COM O S4 (PP,PC E O PI) E A LINHA REFERE-SE AO LOCAL ONDE FOI REALIZADO O TRANSECTO (GRUPO DE FÍSICA MARINHA, 2008). 26
- FIGURA 4:** HORÁRIOS EM QUE FORAM REALIZADAS AS COLETAS DE QUADRATURA E SIZÍGIA EM RELAÇÃO À ALTURA DE MARÉ, SENDO: (A) E (E) SÃO HORÁRIOS EM QUE INICIARAM OS TRANSECTOS DO ADP; (B) E (F) OS HORÁRIOS EM QUE FORAM FEITAS AS PERFILAGENS NO PONTO ILHA; (C) E (G) OS HORÁRIOS EM QUE FORAM FEITAS PERFILAGENS NO PONTO CANAL; (D) E (H) OS HORÁRIOS NO PONTO PONTAL. 27
- FIGURA 5:** ESQUEMA PARA DEMOSTRAR O CÁLCULO DO ÂNGULO DE ROTAÇÃO, PARA QUE ASSIM A COMPONENTE LONGITUDINAL FOSSE REPRESENTATIVA. O PONTO A É O FINAL DO TRANSECTO NA ILHA E O PONTO C O INÍCIO DO TRANSECTO EM PONTAL. 30
- FIGURA 6:** REFERENTE AO TRANSECTO NA REGIÃO ESTUDADA, COM OS 7 PONTOS ESCOLHIDOS PARA DEMONSTRAR O CANAL EM GRÁFICOS 3D E EM VERMELHO O PONTO PONTAL (PP), PONTO CANAL (PC) E O PONTO ILHA (PI). 32
- FIGURA 7:** REGIÃO DAS SECÇÕES A SEREM ESTIMADAS EM CADA TRANSECTO (MODIFICADO DE RIVER SURVEYOR, 2005). 32
- FIGURA 8:** ÁREAS QUE O ADP NÃO REGISTRA INFORMAÇÕES (MODIFICADO DE RIVER SURVEYOR, 2005). 33
- FIGURA 9:** REPRESENTAÇÃO DA MÉDIA MENSAL HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO (MM) E A PRECIPITAÇÃO NOS MESES DE DEZEMBRO, JANEIRO E FEVEREIRO DE 2008. 34
- FIGURA 10:** REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIA DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO CANAL NO PERÍODO DE QUADRATURA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 16 METROS. 37
- FIGURA 11:** REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIA DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO ILHA DURANTE O PERÍODO DE QUADRATURA. 38
- FIGURA 12:** REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIA DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO PONTAL DURANTE O PERÍODO DE QUADRATURA. 40
- FIGURA 13:** GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO PONTAL NA MARÉ DE QUADRATURA, ONDE AS PROFUNDIDADES ALCANÇAM 25 METROS. 42

FIGURA 14: GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO ILHA NA MARÉ DE QUADRATURA, ONDE A PROFUNDIDADE NÃO PASSA DOS 9 METROS.	43
FIGURA 15: GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO CANAL NA MARÉ DE QUADRATURA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA NÃO PASSA DE 16 METROS	44
FIGURA 16: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIA DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO CANAL NO PERÍODO DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 16 METROS.	46
FIGURA 17: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIA DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO ILHA NO PERÍODO DE SIZÍGIA, ONDE AS PROFUNDIDADES MÁXIMAS CHEGAM A 13 METROS.	48
FIGURA 18: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIA DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO PONTAL NO PERÍODO DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE FICA EM TORNO DOS 25 METROS.	49
FIGURA 19 GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO PONTAL NA MARÉ DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 25 METROS.	51
FIGURA 20: GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO ILHA NA MARÉ DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 13 METROS.	52
FIGURA 21: GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO CANAL NA MARÉ DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 16 METROS.	53
FIGURA 22: ESQUEMA DAS ORIGENS DAS ÁGUAS QUE PASSAM PRÓXIMO A REGIÃO DA PONTA DO POÇO (FIGURA MODIFICADA DA CARTA NÁUTICA DA BARRA DE PARANAGUÁ A ANTONINA).	55
FIGURA 23: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE BAIXA-MAR EM QUADRATURA. TRANSCETO 1	55
FIGURA 24: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A BAIXA-MAR DE QUADRATURA	56
FIGURA 25: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE PREAMAR EM QUADRATURA. TRANSECTO11	57
FIGURA 26: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A PREAMAR DE QUADRATURA	57
FIGURA 27: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE ENCHENTE EM QUADRATURA. TRANSECTO 3	59

FIGURA 28: GRÁFICO DA DENSIDADE EM RELAÇÃO À PROFUNDIDADE NO PONTO PONTAL DURANTE O PERÍODO DE ENCHENTE TRATADO.	59
FIGURA 29: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A ENCHENTE DE QUADRATURA	60
FIGURA 30: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE VAZANTE EM QUADRATURA. TRANSECTO 18	61
FIGURA 31: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSCETO DURANTE A VAZANTE DE QUADRATURA	61
FIGURA 32: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE PREAMAR EM SIZÍGIA. TRANSECTO 4	63
FIGURA 33: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A PREAMAR DE SIZÍGIA.	63
FIGURA 34: GRÁFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE BAIXA-MAR EM SIZÍGIA. TRANSECTO 15	64
FIGURA 35: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A BAIXA-MAR DE SIZÍGIA.	64
FIGURA 36: GRÁFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE VAZANTE EM SIZÍGIA. TRANSECTO 6	65
FIGURA 37: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A VAZANTE DE SIZÍGIA.	66
FIGURA 38: GRÁFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE ENCHENTE EM SIZÍGIA. TRANSECTO 11	67
FIGURA 39: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A ENCHENTE DE SIZÍGIA.	68
FIGURA 40: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U DE VELOCIDADE (B) PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. REFERENTE À PONTA DO POÇO.	69
FIGURA 41: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO PONTAL AO LONGO DE 21 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INICIO DO TRANSECTO.	70
FIGURA 42: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO PONTAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	71
FIGURA 43: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO PONTAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	71
FIGURA 44: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E VALORES DA COMPONENTE U (B) DE VELOCIDADE PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. CANAL NAVEGÁVEL.	72

FIGURA 45: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO CANAL AO LONGO DE 20 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INICIO DO TRANSECTO.	73
FIGURA 46: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO CANAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	74
FIGURA 47: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO CANAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	74
FIGURA 48: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U (B) DE VELOCIDADE PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. REFERENTE AO PONTO ILHA DO MEL.	75
FIGURA 49: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO ILHA AO LONGO DE 20 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INICIO DO TRANSECTO.	76
FIGURA 50: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO ILHA E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	77
FIGURA 51: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO ILHA E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	77
FIGURA 52: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U DE VELOCIDADE (B) PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. REFERENTES À PONTA DO POÇO.	78
FIGURA 53: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO PONTAL AO LONGO DE 19 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INICIO DO TRANSECTO.	78
FIGURA 54: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO PONTAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	79
FIGURA 55: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO PONTAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	79
FIGURA 56: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U (B) DE VELOCIDADE PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. CANAL NAVEGÁVEL.	80
FIGURA 57: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO CANAL AO LONGO DE 20 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INICIO DO TRANSECTO.	81
FIGURA 58: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO CANAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	82
FIGURA 59: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO CANAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	82
FIGURA 60: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U DE VELOCIDADE (B) PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. ILHA DO MEL.	83

FIGURA 61: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO PONTAL AO LONGO DE 21 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INICIO DO TRANSECTO.	84
FIGURA 62: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO ILHA E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	85
FIGURA 63: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO ILHA E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.	85
FIGURA 64: RELAÇÃO DA ALTURA DA MARÉ COM O VOLUME DE DESCARGA PARA O PERÍODO DE QUADRATURA.	87
FIGURA 65: RELAÇÃO DA ALTURA DA MARÉ COM O VOLUME DE DESCARGA PARA O PERÍODO DE SIZÍGIA.	88

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 INTRODUÇÃO AO AMBIENTE COSTEIRO.....	14
1.2 IMPORTÂNCIA DE SE ESTUDAR OS ESTUÁRIOS.	15
1.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS ESTUÁRIOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. ÁREA DE ESTUDO	21
4.1 COLETAS EM CAMPO	24
4.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS	27
4.2.1 DADOS DO S4	27
4.1.2 DADOS DO CORRENTÔMETRO ACÚSTICO	29
4.1.2.1 LIMITAÇÕES DO ADP	32
5.1 PRECIPITAÇÕES NO PERÍODO AMOSTRADO	34
5.2.1 HIDROGRAFIA NO PERÍODO DE QUADRATURA.	35
5.2.2 HIDROGRAFIA NO PERÍODO DE SIZÍGIA	44
5.3 DADOS CORRENTOGRÁFICOS PARA O PERÍODO DE QUADRATURA.....	53
5.3.1 MOMENTO DE BAIXA-MAR.....	54
5.3.2 MOMENTO DE PREAMAR.....	56
5.3.3 MOMENTO DE ENCHENTE.....	58
5.3.4 MOMENTO DE VAZANTE	60
5.4 DADOS CORRENTOGRÁFICOS PARA O PERÍODO DE SIZÍGIA.	62
5.4.1 MOMENTO DE PREAMAR.....	62
5.4.2 MOMENTO BAIXA-MAR	63
5.4.3 MOMENTO VAZANTE	65
5.4.4 MOMENTO ENCHENTE	66
5.5 CORRENTES NO CICLO DE MARÉ	68
5.5.1 MARÉ DE QUADRATURA	68
5.5.1.1 PONTO PONTAL.....	68
5.5.1.2 PONTO CANAL DA GALHETA	71
5.5.1.3 PONTO ILHA DO MEL.....	74
5.5.2 MARÉ SIZÍGIA	77
5.5.2.1 PONTO PONTAL.....	77
5.5.2.2 PONTO CANAL DA GALHETA	79
5.5.2.3PONTO ILHA DO MEL.....	82
5.6 RESULTADOS DE VAZÃO	85
5.6.1 MARÉ DE QUADRATURA	85
5.6.2 MARÉ DE SIZÍGIA.....	87

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	93
ANEXOS	97

1. INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO AO AMBIENTE COSTEIRO.

A região costeira pode ser definida como o espaço onde o ambiente terrestre influencia o ambiente marinho e vice-versa, havendo uma interação dinâmica entre a água doce, a água marinha, o sistema terrestre e a atmosfera, portanto trata-se de um ambiente altamente complexo (CARTER, 1988).

Nesta região estão inseridos os estuários, que de acordo com as descrições físicas dos mesmos, eles são definidos classicamente, segundo CAMERON & PRITCHARD (1963), como corpos de água costeiros semi-fechados, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental.

Compartilhando deste princípio, de acordo com KJERFVE (1990), os estuários ainda podem ser divididos em três partes (Figura 1): i) a Zona de Maré de Rio, sendo a parte mais interna que sofre menos influência da variação do nível do mar; ii) a Zona de Mistura, local onde ocorre a mistura entre os diferentes tipos de água, a água doce da drenagem continental e a água do mar; iii) a Zona Costeira, a qual se estende até a frente da pluma estuarina (pluma de maré vazante).

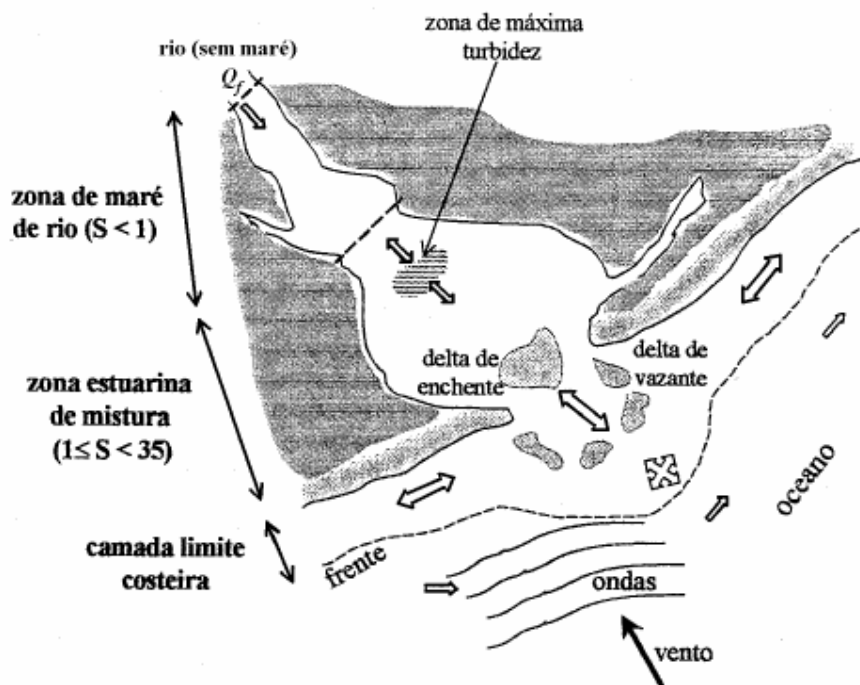


FIGURA 1: REGIÕES DE UM ESTUÁRIO ILUSTRATIVO. ONDE: S = SALINIDADE E Q_f = DESCARGA DE ÁGUA DOCE, QUE É ONDE A MARÉ DEIXA DE INFLUENCIAR (KJERFVE, 1990).

No interior dos estuários, a água salgada oriunda dos oceanos é dissolvida pelas águas dos rios, em um processo muito dinâmico. Assim, a água doce menos densa que a salgada tende a se acumular na superfície. Isto seria simples se as forças de mistura, como a difusão turbulenta, entre estas águas fossem fracas. No outro extremo, as fortes misturas turbulentas provenientes de fortes correntes de maré e ação dos ventos tendem a homogeneizar a coluna d'água desde a superfície até o fundo.

1.2 IMPORTÂNCIA DE SE ESTUDAR OS ESTUÁRIOS.

Os estuários constituem sistemas extremamente complexos, onde ocorrem interações dinâmicas entre as águas doces, as águas marinhas, o sistema terrestre e a atmosfera (DAY *et al.*, 1979).

As águas estuarinas são biologicamente mais produtivas do que as do rio e do oceano adjacente, devido às características hidrodinâmicas da circulação que, aprisionando nutrientes, algas e outras plantas, estimulam a produtividade desses corpos de água (MIRANDA *et al.*, 2002). Além disso, os estuários como um ecossistema desempenham diversas funções vitais, sendo elas: i) abrigo para espécies de organismo, que ali vivem todo ou parte de seu ciclo de vida; ii) estando em rota de migração de algumas aves; iii) servindo de meio físico para a dispersão de larvas de inúmeras espécies de organismos; entre outros (KETCHUM, 1983).

Conhecer a hidrodinâmica e o transporte de propriedades nos estuários é fundamental para se estudar os processos ecológicos e monitorar a qualidade da água (MANTOVANELLI *et al.*, 2003).

Sabe-se que a zona costeira definida segundo a constituição brasileira como espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, a qual abrange uma faixa marítima e uma faixa terrestre, com os seguintes limites: i) faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial; ii) faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira, ela é responsável por 30% da produtividade primária mundial e ainda cerca de 90 % da produção pesqueira mundial saem desta região (O Oceano Nosso Futuro, 1999). Além da pesca, estas regiões costeiras oferecem outras diferentes vantagens para diversos setores da economia, os quais sempre atraíram muitas pessoas para estas

áreas. As regiões costeiras englobam menos de 20% da superfície do planeta, mas contêm mais de 45% da população humana e hospedam 75% das megalópoles com mais de 10 milhões de habitantes (Projeto Instituto Milênio, 2006). Isto implica que toda a economia está de certa forma relacionada com o que ocorre neste ambiente e ainda com a pressão que este ambiente enfrenta. Isso nos leva a crer que é necessário conhecer bem as estruturas e o funcionamento do estuário para poder gerenciar seus recursos sem levá-lo a degradação total do ambiente.

1.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS ESTUÁRIOS

Os movimentos nos estuários são gerados por variações no nível do mar (principalmente a maré), pela descarga de água doce, pelo gradiente de pressão devido à influência termohalina sobre a densidade, pela circulação da plataforma continental e pelo vento agindo diretamente sobre a superfície livre (MIRANDA *et al.*, 2002).

Sendo assim, as principais correntes e processos de mistura observadas nos estuários são: a circulação gravitacional; as correntes residuais; correntes geradas por ventos; o processo de arrasto; e a difusão turbulenta. (KJERFVE, 1989, 1990; DAY *et al.*, 1989; MIRANDA, 1990, 1996 *apud* MATOVANELLI, 1999).

A circulação gravitacional é dada pela diferença de densidade entre as diferentes camadas d'água encontradas no estuário, as quais geram um gradiente de pressão, governando assim esta circulação. Este processo pode ser separado em duas componentes: i) a barotrópica que depende da superfície livre do sistema e é forçado pela co-oscilação da maré; e ii) a baroclínica que esta relacionada com o

gradiente longitudinal da salinidade e sua intensidade aumenta em módulo com a profundidade (JUNIOR, 2005).

Nos estuários, comumente são observadas as correntes residuais, as quais são causadas pelas correntes de maré. Estas correntes são definidas como o fluxo que ocorre pela não linearidade das correntes de maré em relação às margens e à morfologia de fundo (YANAGI, 1976). Sendo assim, pode-se dizer que quando é feita a média das correntes sobre um ou mais ciclos de maré, o resultado torna-se uma corrente líquida induzida pelo fluxo oscilatório da maré o qual é denominado circulação residual.

Entende-se por processo de arrasto a fricção que o fundo ou leito marinho geram sobre a água, modificando seus movimentos. Esta camada na região costeira pode influenciar toda a coluna d'água.

Uma troca turbulenta de substâncias na coluna d'água é dada pela pressão sobre a superfície, a qual resulta em uma troca de massas e de constituintes. Esta troca de material está em função do tempo de atuação dos processos de mistura, da área de interface dos diferentes tipos de massa d'água e ainda do gradiente de concentração destes meios (KREEKE, KJERVE, 1988). Em momentos que existe um fluxo bi-direcional na coluna d'água, ou seja, quando ocorre da camada mais profunda ter um movimento em direção a cabeceira do estuário e nas camadas superficiais em direção a desembocadura deste, o movimento existente cria um efeito de fricção com a camada superior criando vórtices turbulentos que misturam tanto a água salgada para cima como a doce para baixo. Mas, geralmente, a mistura da maré produz um gradiente de densidade também no sentido horizontal, o qual tende a aumentar de acordo com o aumento da força de maré (WILSON, KJERVE, 1988).

A partir desta introdução ao ambiente costeiro, passando pela importância de estudá-lo e ainda algumas características de suas estruturas físicas que forma-se um este trabalho esta inserido, uma vez que este tem como finalidade descrever a dinâmica hídrica da desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá. Para isto este trabalho analisa os comportamentos das correntes e a composição hidrográfica durante o tempo estudado.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral descrever as características hidrográficas e hidrodinâmicas da desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá, durante um ciclo de maré de sizígia e quadratura no verão de 2008.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o comportamento das correntes, salinidade e temperatura durante o ciclo de maré;
- Calcular a vazão resultante das marés de sizígia e quadratura;
- Comparar as características das correntes e da composição da coluna d'água que ocorreram durante a maré de sizígia e a de quadratura;

3. ÁREA DE ESTUDO

O litoral do estado do Paraná situa-se entre as latitudes 24°30'S e 26°00'S e longitudes 48°00'W e 49°00'W. Sua planície litorânea apresenta cerca de 10 a 20 km de largura, com um máximo de 50 km na Baía de Paranaguá (BIGARELLA, 1978).

Inserido nesta localidade está o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) que possui uma grande diversidade de ambientes, incluindo planícies de maré, baixios, costões rochosos, marismas, canais de maré e manguezais, cujo funcionamento é influenciado pela sua hidrodinâmica (MANTOVANELLI, 1999).

Na Baía de Paranaguá encontra-se o Porto de Paranaguá, este é o maior porto exportador de grãos e ainda um terminal petrolífero em operação. Ele é importante em vários âmbitos da economia, sendo que o acesso a ele está inserido nesta área de estudo, o canal da galheta.

Segundo a classificação de Koppen, o tipo climático da região é subtropical úmido (Cfa), pois sendo a temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente o acima dos 22°C, com verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência à concentração das chuvas nos meses de verão, contudo não há uma estação seca bem definida (JORGE, 2006).

O CEP recebe a drenagem de aproximadamente 70% da área da bacia hidrográfica litorânea do Estado do Paraná. O fornecimento de água doce para as bacias hidrográficas de Antonina e Paranaguá é muito inferior no período de inverno em relação ao período de verão. Durante o verão, ocorre um excedente hídrico, o que intensifica o aporte de água doce no estuário. Por isso, o potencial de erosividade no verão é oito vezes maior em relação ao inverno (MANTOVANELLI, 1999).

O CEP é classificado como um estuário parcialmente misturado (tipo B), com heterogeneidades laterais (KNOPPERS *et al.*, 1987). Esta classificação de estuário parcialmente misturado é dada em relação à mistura da água de drenagem continental com a água marinha. Os estuários do tipo B são aqueles em que a maré atuante é moderada, as correntes de marés são significativas, sendo que toda massa d'água move-se com a enchente e a vazante. Assim, a salinidade na superfície varia mais uniformemente e a água doce não está presente apenas na cabeceira do estuário (MARONE & GUIMARÃES, 1995).

O regime de maré no CEP é predominantemente semidiurno, com desigualdades diurnas (LANA *et al.*, 2001). A amplitude da maré aumenta em direção à cabeceira do sistema, uma vez que o CEP se estreita e o volume de água entrando no estuário é o mesmo. Nas marés de sizígia, a amplitude da maré na cabeceira e na boca do CEP é de 2,2 m e 1,7 m, respectivamente. A variação média da maré é de 2,2 m, com prisma de maré de $1,34 \text{ km}^3$ (MARONE & JAMIYANAA, 1997).

O CEP possui duas ligações principais com oceano (Figura 2), as quais são denominadas Norte e Sul, de acordo com a sua posição geográfica. A desembocadura Norte é composta por dois canais: i) Canal Norte, localizado a norte da Ilha das Palmas; e ii) Canal Sueste, localizado a sul da Ilha das Palmas. A desembocadura Sul apresenta um canal, o Canal da Galheta, localizada entre a Ilha do Mel e a Ilha da Galheta. Os três canais servem como via navegável ao interior do CEP, de forma que passam por diversas dragagens. Atualmente a via de acesso navegável ao Porto de Paranaguá é o canal da Galheta que é dragado freqüentemente desde 1972, quando o canal navegável do porto de Paranaguá foi aberto (LAMOUR, 2007).

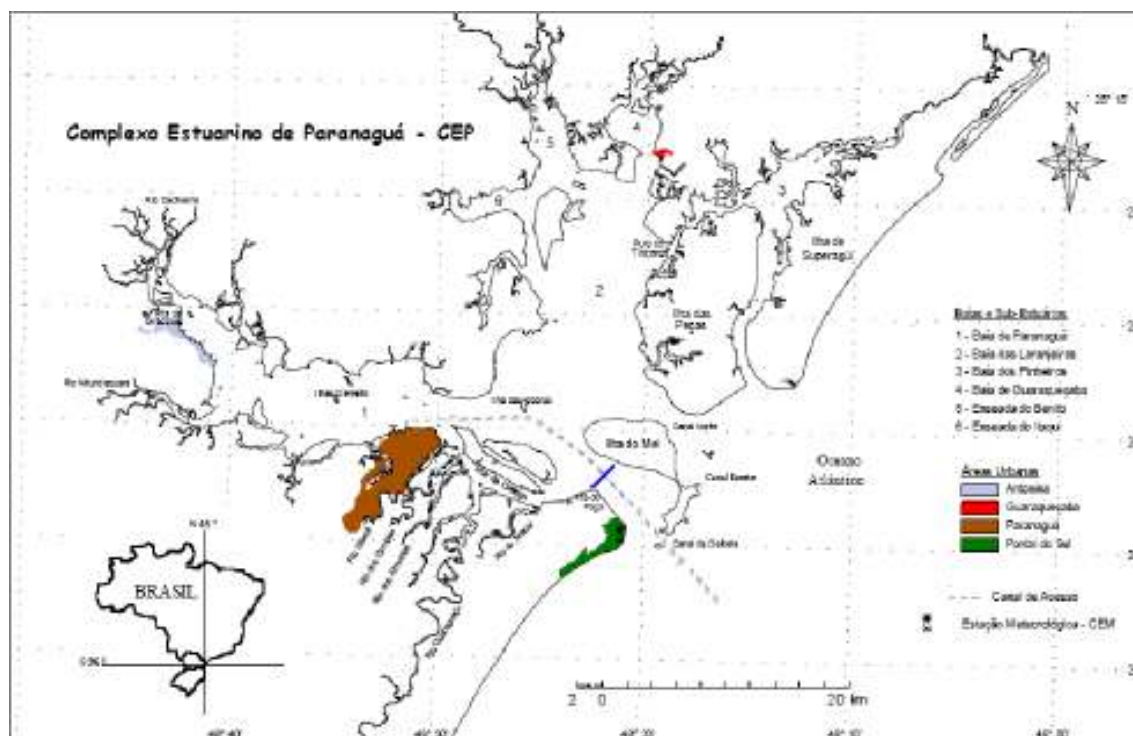


FIGURA 2: REPRESENTAÇÃO DO CEP, INDICANDO SUAS DESEMBOLCADURAS, ÁREAS URBANAS, BAÍAS E SUB-ESTUÁRIOS E AINDA O TRANSECTO AMOSTRADO (MODIFICADO DE NOERNBERG, 2001).

O presente estudo foi realizado na região da desembocadura sul do CEP, mais especificamente num transecto entre a Ponta do Poço e a Ilha do Mel.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 COLETAS EM CAMPO

Os dados necessários para descrever os parâmetros físicos da desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) foram coletados em dois períodos: i) 14/15 de fevereiro de 2008 (maré de quadratura); e ii) 21/22 de fevereiro de 2008 (maré de sizígia). As campanhas de amostragem fazem parte do “Projeto de Cooperação Brasil-Alemanha” cujo título é Portos & Meio Ambiente. Este Projeto tem como objetivo investigar os problemas ambientais das operações portuárias, principalmente de cargas e dragagens, no meio ambiente.

As campanhas de amostragem são referentes a um período de 24 horas e 50 minutos, em que cada uma delas é referente a dois ciclos completos de maré, uma vez que o dia lunar tem aproximadamente 24,83 horas e o regime de maré do local é semi-diurno.

O método utilizado para descrever o comportamento hidrodinâmico da desembocadura sul foi o de Euler, o qual consiste em adotar um intervalo de tempo (Ciclo de Maré) e escolher uma seção (desembocadura sul), para assim, considerar as partículas que passam por este espaço neste tempo determinado.

O equipamento utilizado para as medições das correntes foi o ADP (Acoustic Doppler Profile) da SonTek, cuja frequência de funcionamento é de 1MHZ, podendo-se obter as amostras num intervalo de 1,2 a 40 metros de profundidade. Neste caso foi ajustado para obter dados na coluna d'água de até 25 metros a cada 1 metro de espaçamento. A velocidade da embarcação (Baeti) utilizada nas campanhas foi de aproximadamente 2,72 nós ($1,4 \text{ m s}^{-1}$), e gravava informações a cada 5 segundos.

O ADP é comumente utilizado para medição da velocidade de correntes, para se obter a batimetria e ainda para o cálculo do volume de vazão. Entretanto, quando

se tem muito sedimento em suspensão, há uma interferência nos resultados do ADP. Assim, próximo ao fundo os valores fornecidos não representam a realidade (RiverSurveyor 4.3, 2005).

Os dados referentes à temperatura, salinidade e densidade foram obtidos com o correntógrafo eletromagnético e CTD S4 InterOcean, com uma frequência de medição de 2 HZ, programado para gravar valor médio dos parâmetros a cada 3 segundos. Assim as obtenções destes dados eram feitas do fundo até a superfície com um intervalo aproximado de 1 metro.

A estratégia de amostragem foi feita para conseguir obter dados que representassem a área de estudo e ainda conseguissem ser repetidos de hora em hora. Para isso, primeiramente foram marcados dois pontos através de uma imagem de satélite georreferenciada, os quais eram localizados com GPS (modelo E-Trex do fabricante Garmin com precisão de dez metros): o Ponto 1, próximo a margem de Pontal do Sul; e o Ponto 2, próximo à margem da Ilha do Mel, o qual não pode ser muito perto da margem por causa do baixio ali existente.

Após definidos os pontos, fez-se a aquisição de dados com ADP no sentido Ponto 1 – Ponto 2, com cerca de 1622 metros de extensão percorrido em aproximadamente 40 minutos, e durante o sentido contrário, com o ADP desligado, parava-se nos pontos Ilha (PI), Canal (PC) e Pontal (PP) para medir a salinidade, temperatura e densidade na coluna de água com o S4 (Figura 5). Todos estes pontos estavam georeferenciados e a partir de um GPS foram localizados, permitindo que fossem feitas as medições nos mesmos pontos.

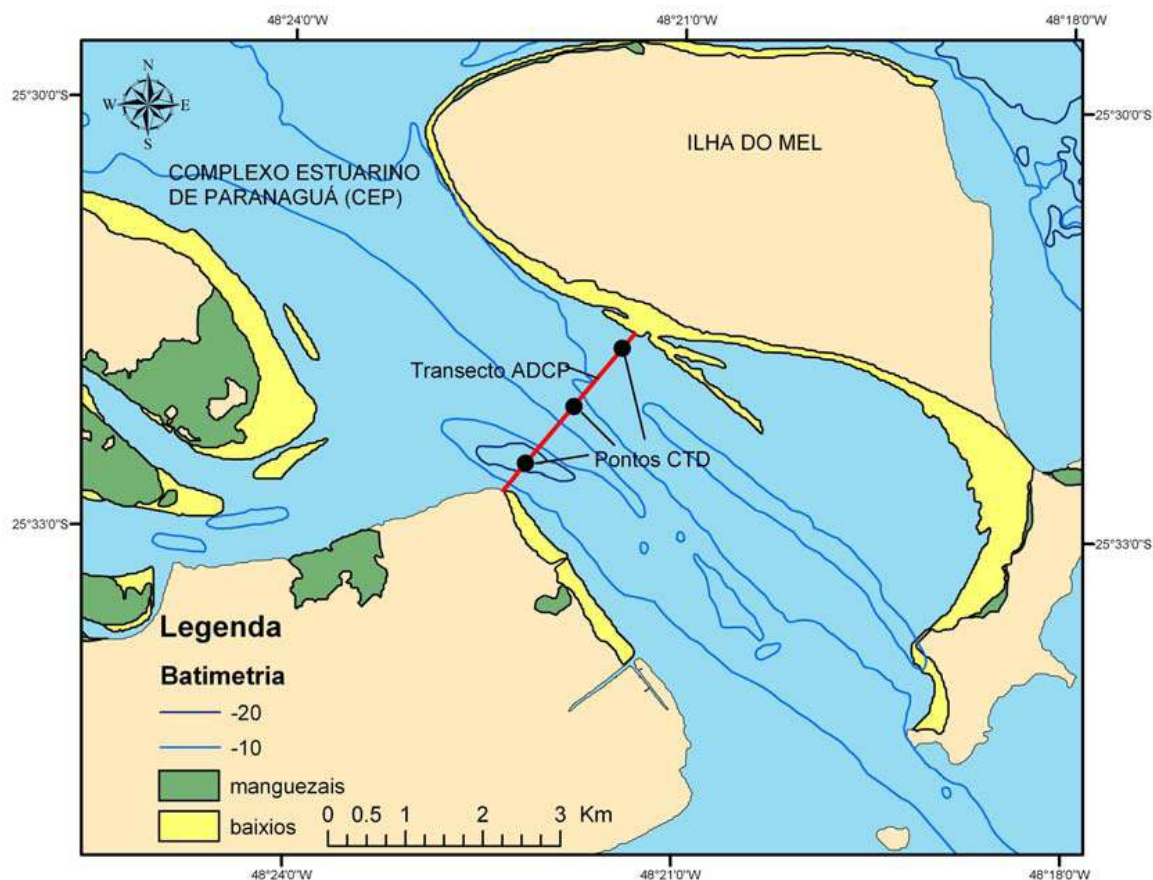


FIGURA 3: POSIÇÃO GEOGRÁFICA DOS PONTOS AMOSTRADOS COM O S4 (PP, PC E O PI) E A LINHA REFERE-SE AO LOCAL ONDE FOI REALIZADO O TRANSECTO (GRUPO DE FÍSICA MARINHA, 2008).

Os horários coletados em cada campanha de amostragem foram planejados para se repetir de hora em hora para cada ponto de coleta, mas por imprevistos não foram possíveis de serem realizados no dia. Os horários de coleta, efetivamente realizados, seguem na Figura 6. A coleta dos dados foi feita de forma que se pudesse descrever o comportamento hidrográfico e da dinâmica da desembocadura sul da Baía de Paranaguá nos referentes ciclos de maré. Para isso, delimitou-se um transecto que cobrisse toda região e então foram feitas medições.

Os dados da variação da superfície livre nos períodos de amostragem foram resgatados de um marégrafo localizado na Ilha da Galheta, os quais foram disponibilizados pela empresa Paranaguá Pilots.

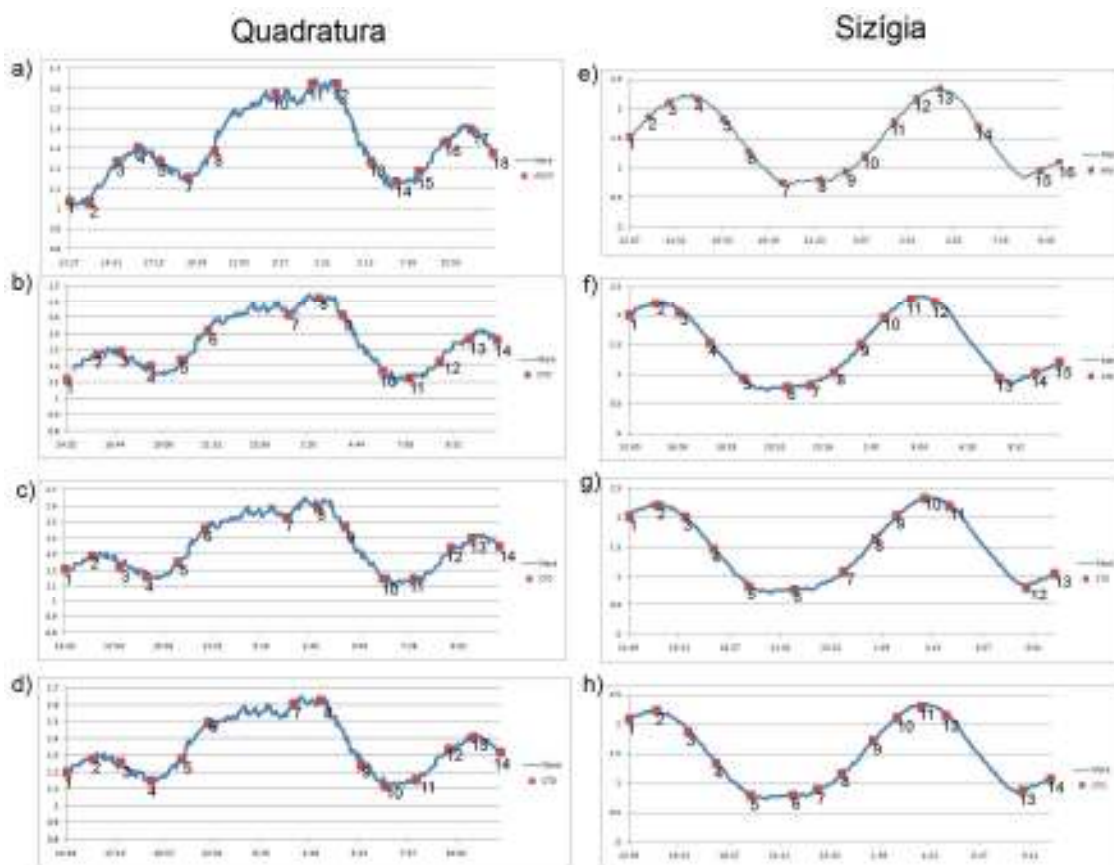


FIGURA 4: HORÁRIOS EM QUE FORAM REALIZADAS AS COLETAS DE QUADRATURA E SIZÍGIA EM RELAÇÃO À ALTURA DE MARÉ, SENDO: (A) E (E) SÃO HORÁRIOS EM QUE INICIARAM OS TRANSECTOS DO ADP; (B) E (F) OS HORÁRIOS EM QUE FORAM FEITAS AS PERFILAGENS NO PONTO ILHA; (C) E (G) OS HORÁRIOS EM QUE FORAM FEITAS PERFILAGENS NO PONTO CANAL; (D) E (H) OS HORÁRIOS NO PONTO PONTAL.

4.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS

4.2.1 DADOS DO S4

Para o processamento dos dados do correntômetro S4 foram utilizados os programas Excel 2003, Surfer 8.0 e o Matlab 7.0.4. Nestes, os dados foram filtrados,

ou seja, foram descartados os dados que não eram referentes aos pontos amostrados e assim selecionados. Eles foram separados por horários e pontos de coleta, de acordo com a coleta.

Para uma melhor análise dos dados, os valores de temperatura, salinidade e densidade, foram interpolados linearmente a cada 0.2 metros em toda coluna d'água.

Por causa da programação do S4P, de ligar a cada 10 minutos, permanecendo ligado por 5 minutos, algumas perfilagens realizadas ficaram incompletas, ou seja, os dados não representam toda a coluna d'água. Então para não perder estes dados na interpolação, em alguns perfis os dados foram extrapolados. Para os dados da superfície foi assumido que estes eram iguais ao ponto amostrado mais próximo da mesma. Para os dados de fundo admitiu-se que o valor da variável no ponto mais profundo fosse o fundo.

A descrição dos dados obtidos foi realizada a partir de tabelas e gráficos. A análise integrada dos dados em relação ao tempo foi feita pela interpolação dos dados coletados ao longo das 25 horas, através do método de triangulação linear.

Os valores das correntes interpolados em função do tempo foram apresentados com a profundidade adimensional para não haver interferência pela maré. Assim, podem ser comparados com os valores de salinidade do mesmo período.

O método de triangulação linear trabalha criando linhas entre os pontos amostrados que, por consequência, formam triângulos. Estes triângulos formados compõem uma malha de dados onde cada nóculo equivale a um valor obtido que provém da interpolação dos dados realmente medidos. E como este método funciona bem quando os dados estão distribuídos uniformemente na grade, foi o

escolhido, uma vez que o espaçamento em horas entre cada coleta era semelhante (Surfer 8.0[®]).

4.1.2 DADOS DO CORRENTÔMETRO ACÚSTICO

Com os dados do ADP, foram obtidas as velocidades e direções das correntes e conjuntamente com a estimativa da batimetria, permitindo calcular a vazão.

Os programas utilizados para analisar, processar e exportar esses dados, foram o River Survey Versão 4.3, o View ADP v.3.92 e o Matlab7.0.4.

A velocidade e direção das correntes medidas em campo são fornecidas em cm s^{-1} e graus respectivamente. Para a representação dos dados, as velocidades das correntes foram decompostos em componentes u e v , sendo que u refere-se a componente longitudinal ao canal, o qual indica movimento de maré enchente (valores negativos) e maré vazante (valores positivos), e a v a transversal. Para que estas componentes de velocidade fossem representativas em relação à longitudinal e transversal do canal, os ângulos das correntes foram rotacionados em relação à orientação do canal da Galheta. Nesta etapa, foi reduzido do ângulo obtido no ADP o ângulo formado entre a orientação do canal e o eixo N-S geográfico.

O ângulo de orientação do canal foi obtido através do complemento do ângulo formado entre a inclinação do transecto e o eixo L-O. Uma vez que o transecto já estava referenciado em coordenadas UTM, onde o Ponto inicial em Pontal do Sul e o final na Ilha do Mel eram conhecidos, este ângulo foi obtido através de relações trigonométricas do triângulo retângulo formado por estes pontos. O método usado está representado na Figura 7.

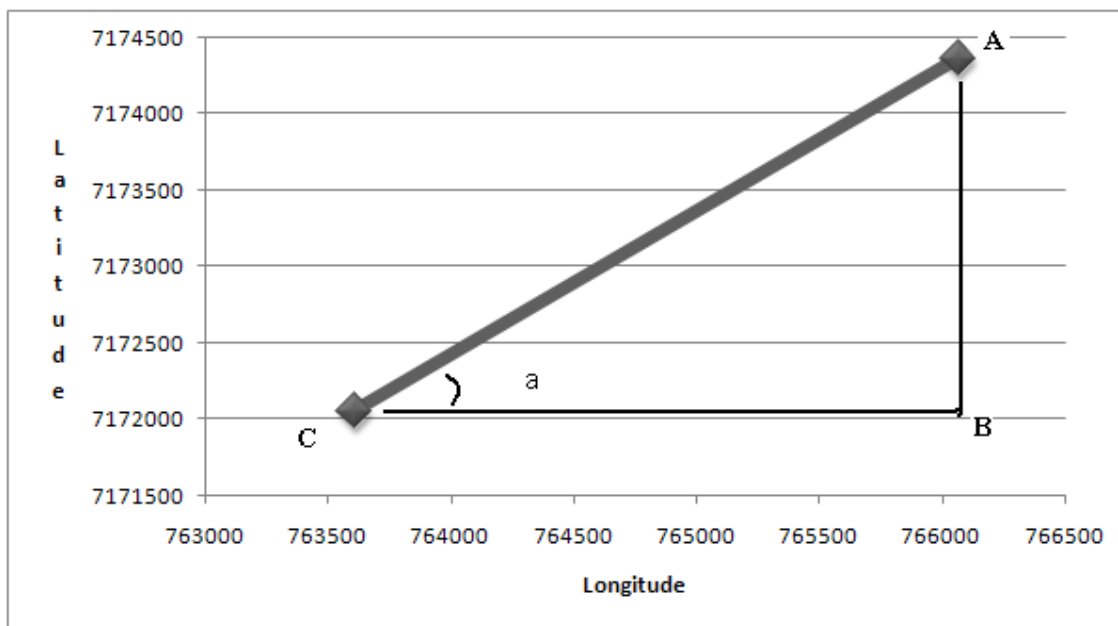


FIGURA 5: ESQUEMA PARA DEMOSTRAR O CÁLCULO DO ÂNGULO DE ROTAÇÃO, PARA QUE ASSIM A COMPONENTE LONGITUDINAL FOSSE REPRESENTATIVA. O PONTO A É O FINAL DO TRANSECTO NA ILHA E O PONTO C O INICIO DO TRANSECTO EM PONTAL.

O ângulo (a) foi obtido através do arco tangente, uma vez que o cateto oposto (A-B) e o cateto adjacente (B-C) eram conhecidos. Assim o valor do ângulo (a) foi de $43,24^\circ$, portanto o valor a ser subtraído dos ângulos das correntes é de $46,74^\circ$, ou seja, o seu complemento.

Como os valores da direção das correntes apresentados pelo ADP são em relação ao norte magnético, o valor do ângulo teve que ser subtraído de 90° para se sobrepor no eixo trigonométrico para utilizar as relações de seno e cosseno. A correção da declinação magnética (-18°) foi descontada pelo programa do ADP.

Uma vez o eixo rotacionado e os ângulos referenciados ao mesmo eixo, as componentes de velocidade, u e v , foram obtidas através das relações trigonométricas de seno e cosseno:

$$u = V \cdot \sin(\theta) \text{ e } v = V \cdot \cos(\theta)$$

onde V é o módulo do vetor e θ é o ângulo trigonométrico formado entre o vetor e o eixo das abscissas.

Para explicar os dados de correntes foram escolhidos sete pontos no transecto (Pontal do Sul – Ilha do Mel), de modo que estes representassem a dinâmica total do sistema e então pudessem representar as correntes na forma de vetores.

Como os gráficos de vetores não representam visivelmente a intensidade da velocidade, mas sim apenas sua direção e sentido, foram traçados os gráficos de isopletras da velocidade u em função do seu posicionamento no transecto. Assim, estes dados interpolados através do método de interpolação linear representaram a magnitude e direção do movimento.

Ainda, como as coletas representam o ciclo de maré, foram escolhidos três pontos, de acordo com suas características morfológicas e estratégicas para o CEP, para terem seus valores interpolados em função do tempo e assim analisar como esta região varia em relação ao ciclo da maré. Os pontos escolhidos foram: Ponto Pontal, a região mais profunda do transecto; Ponto Canal, localizado no Canal da Galheta; e o Ponto Ilha, sendo um ponto mais raso mais próximo à Ilha do Mel (Figura 8).

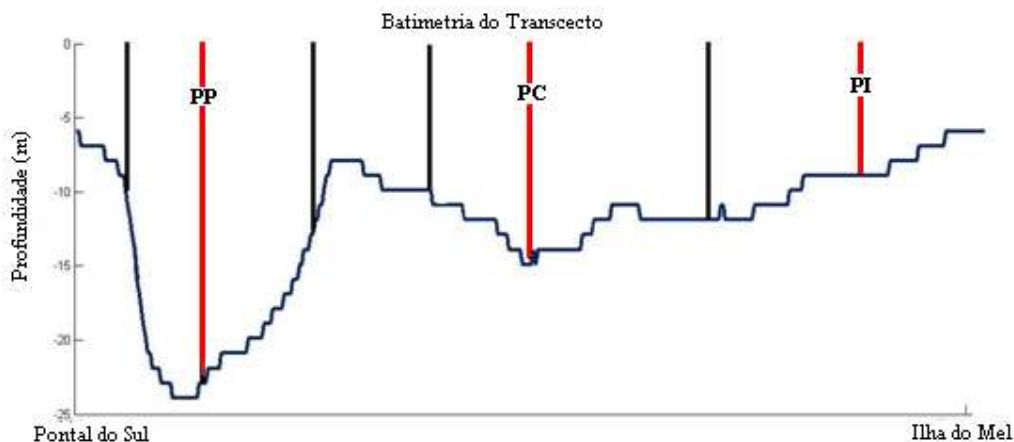


FIGURA 6: REFERENTE AO TRANSECTO NA REGIÃO ESTUDADA, COM OS 7 PONTOS ESCOLHIDOS PARA DEMONSTRAR O TRANSECTO EM GRÁFICOS 3D E EM VERMELHO O PONTO PONTAL (PP), PONTO CANAL (PC) E O PONTO ILHA (PI).

Com o auxílio do software River Surveyor, foram estimados os volumes de descargas por este canal.

4.1.2.1 LIMITAÇÕES DO ADP

Com a embarcação e o ADP utilizados não foram possíveis medir as velocidades das correntes em toda a secção estudada. Isto porque o ADP tem suas limitações em obter dados de superfície e fundo e ainda as condicionantes físicas que não nos permitiu chegar até a margem, criou assim uma significativa área a ser estimada (Figura 7).

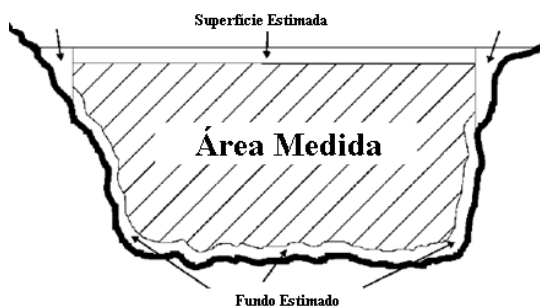


FIGURA 7: REGIÃO DAS SECÇÕES A SEREM ESTIMADAS EM CADA TRANSECTO (MODIFICADO DE RIVER SURVEYOR, 2005).

O barco não chegava até a margem, devido a um baixio existente e por segurança, então estes valores até as margens foram extrapolados. Para saber a distância a ser extrapolada, foi marcado um ponto referenciado em Pontal do Sul e outro na Ilha do Mel através de uma imagem de satélite. Assim, com os pontos de localização do barco e os pontos nas margens foi possível ser calculada a distância que faltava até a margem.

Já os dados de superfície e fundo, que o ADP não conseguiu calcular, foram extrapolados utilizando as médias de valores gravados dos últimos 3 metros de distância e assim estimados ao fundo e a superfície. Cabe ressaltar que este método corresponde aos dados de superfície e de fundo independentemente, uma vez que os valores de superfície e fundo divergem muito.

A distância que ele não responde em relação ao fundo é de 0,7 m de acordo com a configuração programada, e ainda, por precisar ficar imerso na água e ainda necessitar de um espaço para emitir e receber os pulsos (Blanking Distance) existe uma área na superfície não amostrada (Figura 8).

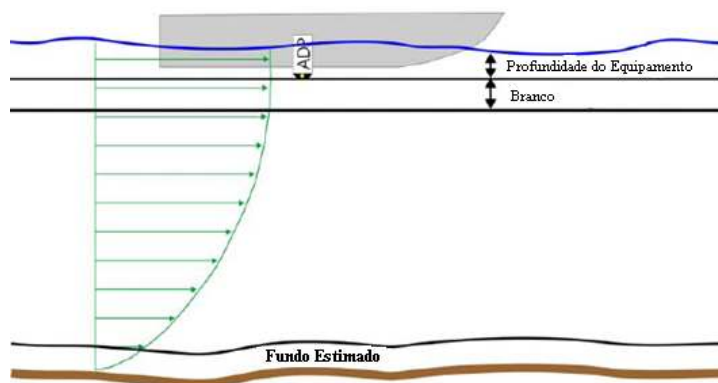


FIGURA 8: ÁREAS QUE O ADP NÃO REGISTRA INFORMAÇÕES (MODIFICADO DE RIVER SURVEYOR, 2005).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRECIPITAÇÕES NO PERÍODO AMOSTRADO

Durante o mês de fevereiro de 2008 foram observados altos índices pluviométricos no litoral do Paraná (Figura 9). A pluviosidade deste período foi o dobro em relação às normais climatológicas entre 1961 e 1990 (DNM, 1992).

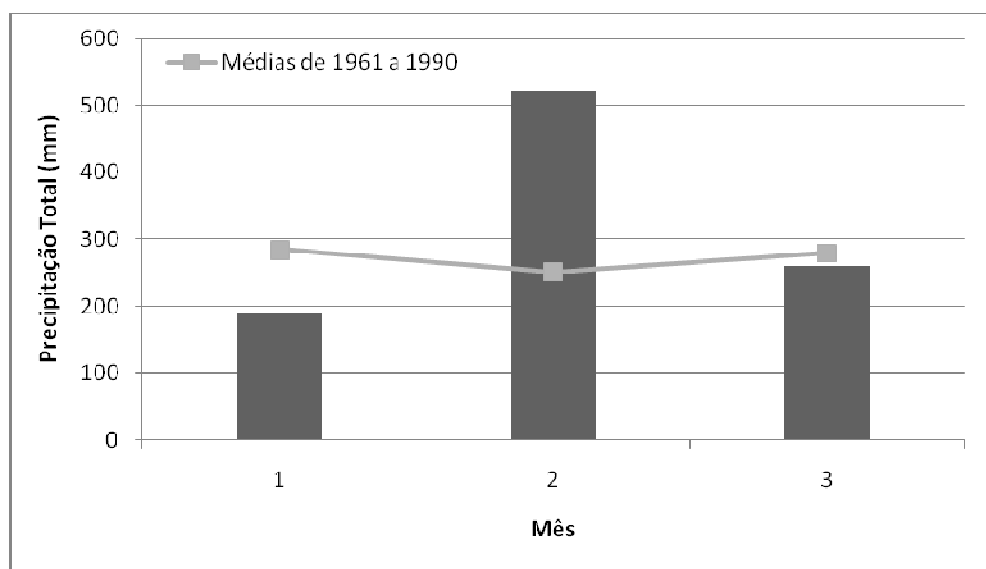


FIGURA 9: REPRESENTAÇÃO DA MÉDIA MENSAL HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO (MM) E A PRECIPITAÇÃO NOS MESES DE DEZEMBRO, JANEIRO E FEVEREIRO DE 2008.

Os valores de precipitação em mm que precederam as coletas de sizígia e quadratura estão na Tabela 1. Esta tabela relaciona a precipitação acumulada em mm dos sete dias anteriores a coleta. Como observa-se na tabela 1, o período de quadratura teve poucos índices de pluviosidade enquanto a semana que antecedeu o período de sizígia teve 10,8% das chuvas que ocorreram durante todo o mês de fevereiro.

TABELA 1: REFERE-SE À PRECIPITAÇÃO ACUMULADA DURANTE OS 7 DIAS QUE ANTECEDERAM AS COLETAS DE SIZÍGIA E QUADRATURA.

		Precipitação (mm)
Semana anterior a coleta	Quadratura (7- 14/02/2008)	7
	Sizígia (14- 21/02/2008)	56.8

5.2.1 HIDROGRAFIA NO PERÍODO DE QUADRATURA.

Os resultados do CTD obtidos pela campanha de quadratura mostraram um grande de salinidade (ΔS) na coluna d'água de acordo com a fase da maré. Nas tabelas 2, 3 e 4 são apresentadas a salinidade e temperatura na superfície e fundo e a diferença entre estas, e ainda, a média na coluna d'água para os 3 pontos de amostras durante todas as coletas.

As figuras 2 (b), 2(c) e 2(d) ilustram a curva de maré que foram feitas as perfilagens. Os pontos inseridos indicam o horário no qual foram realizadas as medições com o S4 para o Ponto Ilha, Ponto Canal e o Ponto Pontal durante o período de quadratura.

Para melhor visualização destes dados, foram plotados num gráfico bi-dimensional a média total da salinidade, a estrutura halina da coluna d'água nos momentos de menor e maior média de sais e também no momento de maior estratificação.

Os valores de gradiente de salinidade encontrados foram elevados em todos os pontos, variando um pouco de acordo com o ponto amostrado, sendo que estes têm profundidades diferentes e não foram coletados ao mesmo tempo.

Quanto à estratificação, ANGELOTTI (2008), num ponto mais próximo a desembocadura encontrou, no período de verão, estratificação na coluna d'água

semelhante com as encontradas neste trabalho. Com coletas em diferentes dias e em diferentes estações do ano (inverno e verão), pode-se fazer uma relação entre a quantidade de chuva e a estrutura hidrográfica, e constatou que quanto menos chuva menor é a camada de água menos salina na superfície, portanto menor é a estratificação.

Em ambas as estações de coletas foram verificadas que as maiores médias de salinidade estavam associadas à preamar e as mínimas à baixa-mar.

TABELA 2: TABELA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO DO CANAL.

Número do Perfil	Salinidade (g/kg)				Temperatura (°C)			
	Superf.	Fundo	ΔS	Média	Superf.	Fundo	ΔT	Média
1	21.74	27.59	5.85	27.01	27.29	28.33	1.03	27.38
2	23.76	27.36	3.60	26.38	27.33	27.76	0.43	27.46
3	23.53	27.17	3.64	25.90	27.45	28.06	0.61	27.59
4	20.72	26.82	6.10	25.49	27.43	27.95	0.52	27.60
5	22.73	26.98	4.24	25.90	27.35	27.56	0.21	27.56
6	23.24	28.04	4.79	26.59	27.28	27.73	0.46	27.45
7	20.90	28.10	7.20	26.54	27.47	27.39	-0.08	27.49
8	20.68	28.30	7.63	26.36	27.29	27.47	0.17	27.42
9	21.70	28.54	6.85	26.64	27.30	27.44	0.14	27.42
10	22.39	28.15	5.76	26.40	27.38	27.54	0.16	27.48
11	21.72	27.47	5.75	25.52	27.33	27.47	0.14	27.42
12	22.98	28.37	5.38	26.05	27.27	27.59	0.32	27.39
13	23.96	28.21	4.26	27.22	27.25	27.57	0.32	27.34
14	22.99	28.08	5.09	26.47	27.31	27.68	0.38	27.37

A Tabela 2 descreve como variou a composição da coluna d'água no ponto do Canal da Galheta ao longo do ciclo de maré de quadratura. Sendo que o maior gradiente de salinidade foi de 7.63 g/kg, isto durante a preamar aproximadamente as 3:00 do dia 15 de fevereiro. A maior média de salinidade (27,22 g/kg) também foi encontrado na maré cheia e a menor média da salinidade (25,52 g/kg) na maré baixa, próximo as 7:40h do mesmo dia. Enquanto notam-se claramente estas

variações nos padrões da salinidade, os valores de temperatura mantêm-se praticamente constante, ao longo do período amostrado com suas médias variando entre 27.2°C até 28.3°C. As variações de salinidade e seu maior gradiente na coluna d'água podem ser vistas na Figura 10.

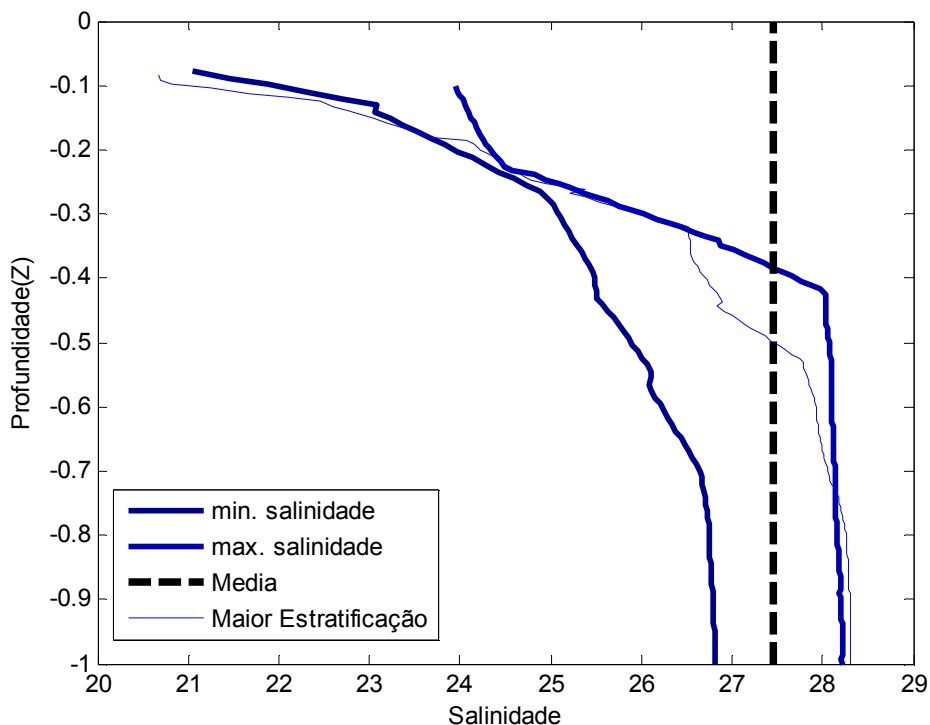


FIGURA 10: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIAS DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOVE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO CANAL NO PERÍODO DE QUADRATURA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 16 METROS.

Os valores de salinidade e temperatura para o Ponto Ilha (Tabela 3) mantêm um padrão como os encontrados nos dados do Canal da Galheta, no entanto o gradiente na coluna d'água é menor, com o máximo de 6.54g/kg também durante a preamar. As menores e maiores médias de temperatura e salinidade também se encontram nas marés baixas e cheias, respectivamente.

TABELA 3: TABELA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO ILHA.

Número do Perfil	Salinidade				Temperatura			
	Superf.	Fundo	ΔS	Média	Superf.	Fundo	ΔT	Média
1	21.22	26.78	5.55	24.38	27.38	28.37	-1.00	27.63
2	23.15	26.94	3.79	25.73	27.37	28.19	-0.82	27.54
3	22.40	26.03	3.63	24.83	27.41	27.98	-0.58	27.58
4	22.73	26.48	3.76	24.82	27.32	27.51	-0.19	27.37
5	25.11	26.97	1.85	26.14	27.31	27.72	-0.41	27.45
6	22.51	27.84	5.33	26.44	27.28	27.54	-0.26	27.38
7	21.67	27.21	5.54	25.46	27.31	27.54	-0.23	27.44
8	21.50	28.04	6.54	25.32	27.24	27.52	-0.28	27.47
9	23.11	27.44	4.32	26.59	27.31	27.76	-0.46	27.36
10	21.25	27.04	5.79	24.07	27.30	27.26	0.04	27.42
11	21.83	27.57	5.74	24.55	27.25	27.36	-0.11	27.41
12	23.45	27.73	4.28	25.94	27.27	27.55	-0.28	27.39
13	22.98	28.11	5.13	26.84	27.30	27.61	-0.31	27.36

A Figura 11 ilustra os valores mais extremos da tabela 3. Observa-se como se comportou a coluna d'água nos momentos de maior estratificação, de maré cheia e de maré baixa. A média apresentada no gráfico é em relação a todos os perfis, ou seja, a média da salinidade durante a maré de quadratura no Ponto Ilha.

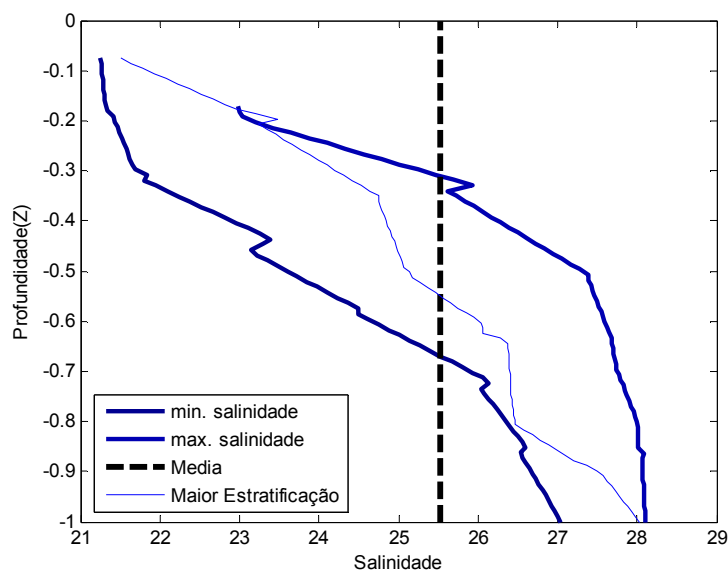


FIGURA 11: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIAS DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUVE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO ILHA DURANTE O PERÍODO DE QUADRATURA.

Os dados a seguir (Tabela 4) dizem respeito ao ponto localizado mais próximo a Pontal do Sul, sendo este o ponto mais fundo do transecto, chegando a naturalmente 25 metros de profundidade.

TABELA 4: TABELA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO PONTAL.

Número do Perfil	Salinidade (g/kg)				Temperatura (°C)			
	Superf.	Fundo	ΔS	Média	Superf.	Fundo	ΔT	Média
1	26.14	27.83	1.69	27.27	27.29	27.57	-0.28	27.40
2	23.26	27.51	4.25	26.85	27.41	28.27	-0.86	27.56
3	22.11	27.43	5.33	26.49	27.38	28.02	-0.64	27.58
4	23.24	26.58	3.34	25.08	27.57	28.03	-0.46	27.83
5	27.26	27.88	0.63	27.75	27.37	27.42	-0.06	27.38
6	23.63	28.09	4.46	27.45	27.37	27.68	-0.31	27.52
7	22.95	28.11	5.15	26.90	27.48	27.62	-0.14	27.50
8	22.33	28.84	6.51	27.78	27.36	27.50	-0.14	27.42
9	21.94	28.80	6.86	27.15	27.32	27.38	-0.06	27.39
10	22.29	28.60	6.31	27.14	27.36	27.57	-0.21	27.48
11	23.93	28.63	4.71	28.01	27.36	27.64	-0.28	27.40
12	25.91	28.39	2.48	27.57	27.35	27.44	-0.09	27.30
13	26.36	28.86	2.50	28.07	27.16	27.39	-0.23	27.27
14	21.87	27.73	5.86	26.34	27.39	27.60	-0.21	27.43

Os dados referentes ao Ponto Pontal têm suas médias de salinidade variando de 25.08 até 28.07 g/kg, que por se tratar de um canal natural são as maiores médias encontradas se comparadas com o Ponto Ilha e o Ponto Pontal, pois sendo a região mais profunda forma assim um canal preferencial de maré enchente. A partir disto observa-se que nesta coluna d'água também ocorrem gradientes verticais de salinidade mais expressivas que podem chegar até 6.86 g/kg durante a preamar (Figura 12). Estes altos índices de estratificação estão associados além da maior profundidade, com a oscilação da maré de baixa amplitude e alta frequência, isto leva um fluxo bi-direcional com baixas intensidades propiciando um maior equilíbrio da coluna d'água.

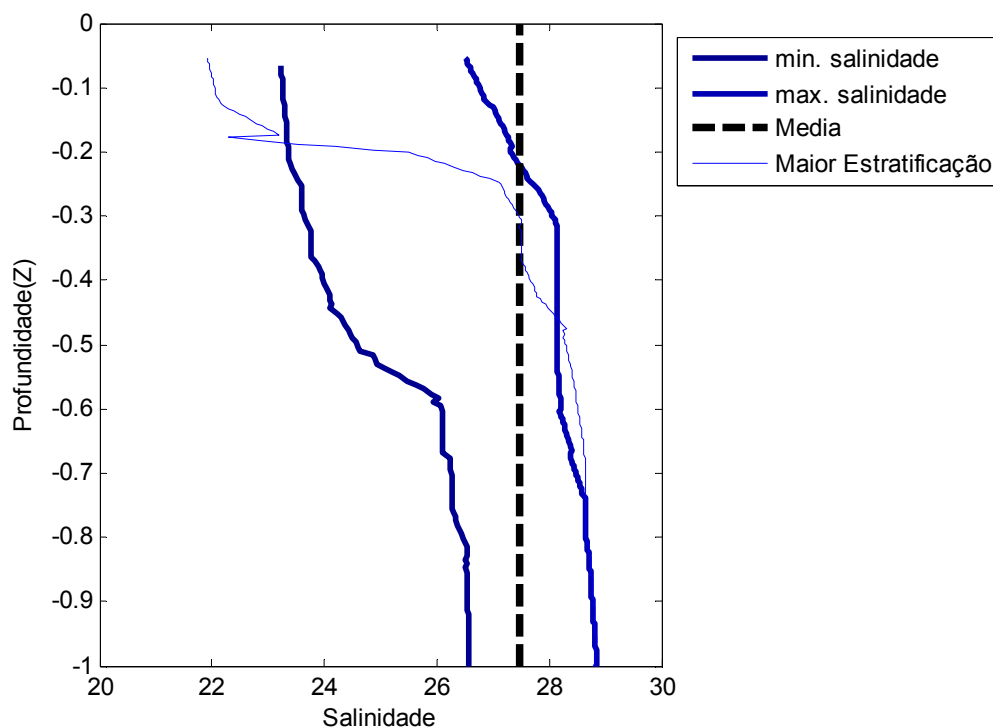


FIGURA 12: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIAS DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUVE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO PONTAL DURANTE O PERÍODO DE QUADRATURA.

Os dados de salinidade, temperatura e densidade, de cada ponto, foram interpolados em função do tempo. Assim, pode-se observar como foi seu comportamento durante todo ciclo de maré.

Para ambos os pontos, figuras 13, 14 e 15 observa-se que os valores de densidade estão diretamente relacionados com os dados de salinidade, o que nos mostra que esta variável é a mais importante na determinação da densidade. A partir disso, nota-se como a água mais densa, de maior salinidade, se encontra no fundo e as menos densas na superfície.

Os valores de temperatura quase não variaram, apenas nota-se um pequeno aquecimento, em torno de 0.5°C , quando associados às águas mais doces na superfície. Este leve aumento na temperatura ocorreu durante as primeiras horas, que se passam durante o início da tarde em que se tem maior incidência de luz solar, por isso infere-se este aquecimento.

A Figura 13 (a, b, c) refere-se ao período de quadratura do Ponto Pontal. Nela fica ilustrada a estrutura da coluna d'água em todos os momentos da curva de maré amostrada. Nos momentos de vazante, a coluna d'água fica mais homogênea, tanto em relação à salinidade quanto em relação à temperatura.

Durante as estofas de maré observa-se uma alta estratificação da salinidade em relação à profundidade, chegando a uma diferença de 7 g/kg na preamar.

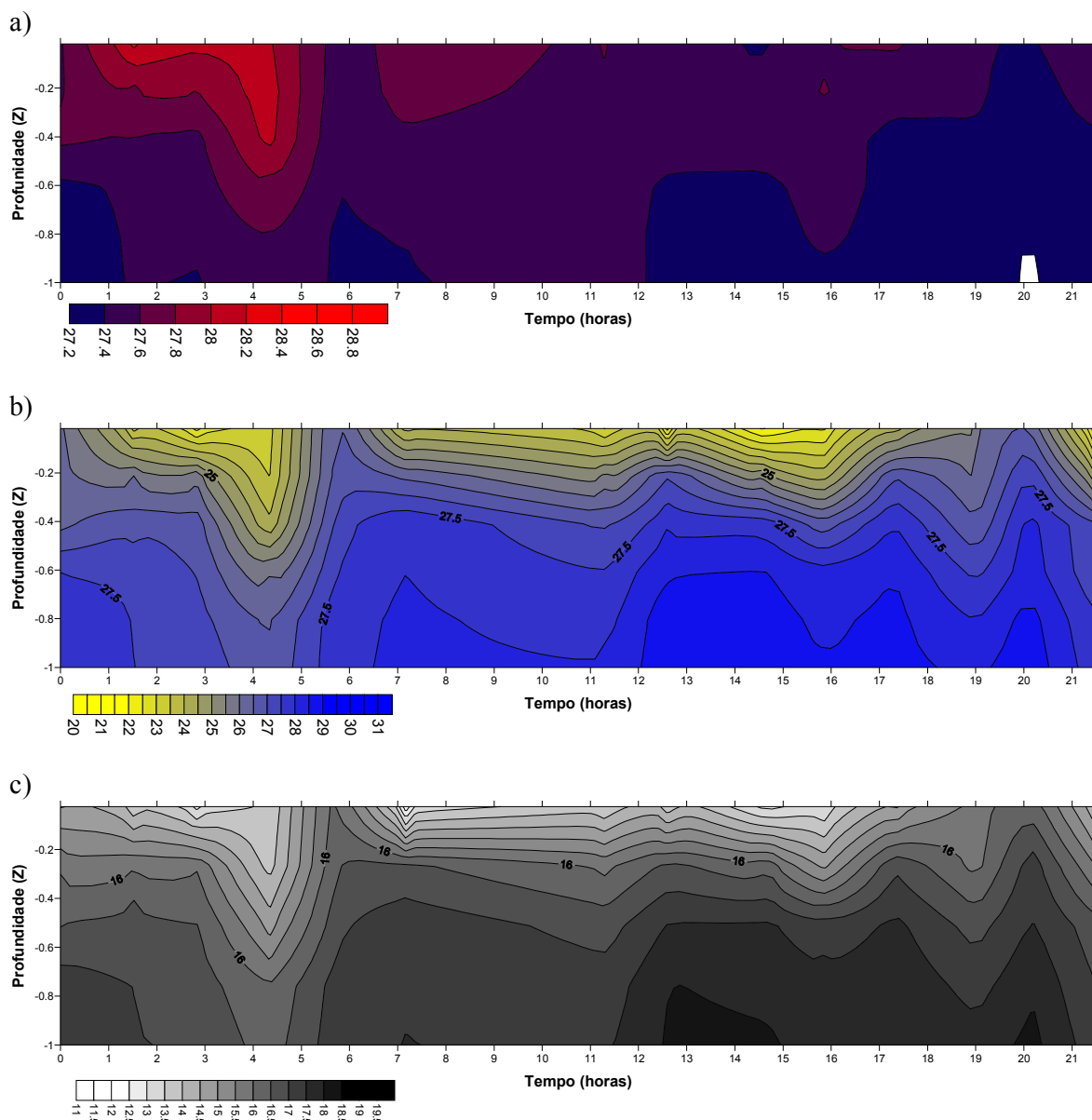


FIGURA 13: GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO PONTAL NA MARÉ DE QUADRATURA, ONDE AS PROFUNDIDADES ALCANÇAM 25 METROS.

No Ponto Ilha, referente ao período de quadratura (Figura 14), também se observou uma coluna d'água muito estratificada em função da salinidade, indicando que em alguns momentos deve estar relacionado com fluxo bi-dimensional, e que em outros, durante as horas de correntes mais intensas, como na vazante, ocorre

uma homogeneidade no corpo d'água. Neste ponto amostrado a profundidade não passa dos 9 metros, sendo o ponto mais raso se comparado aos outros.

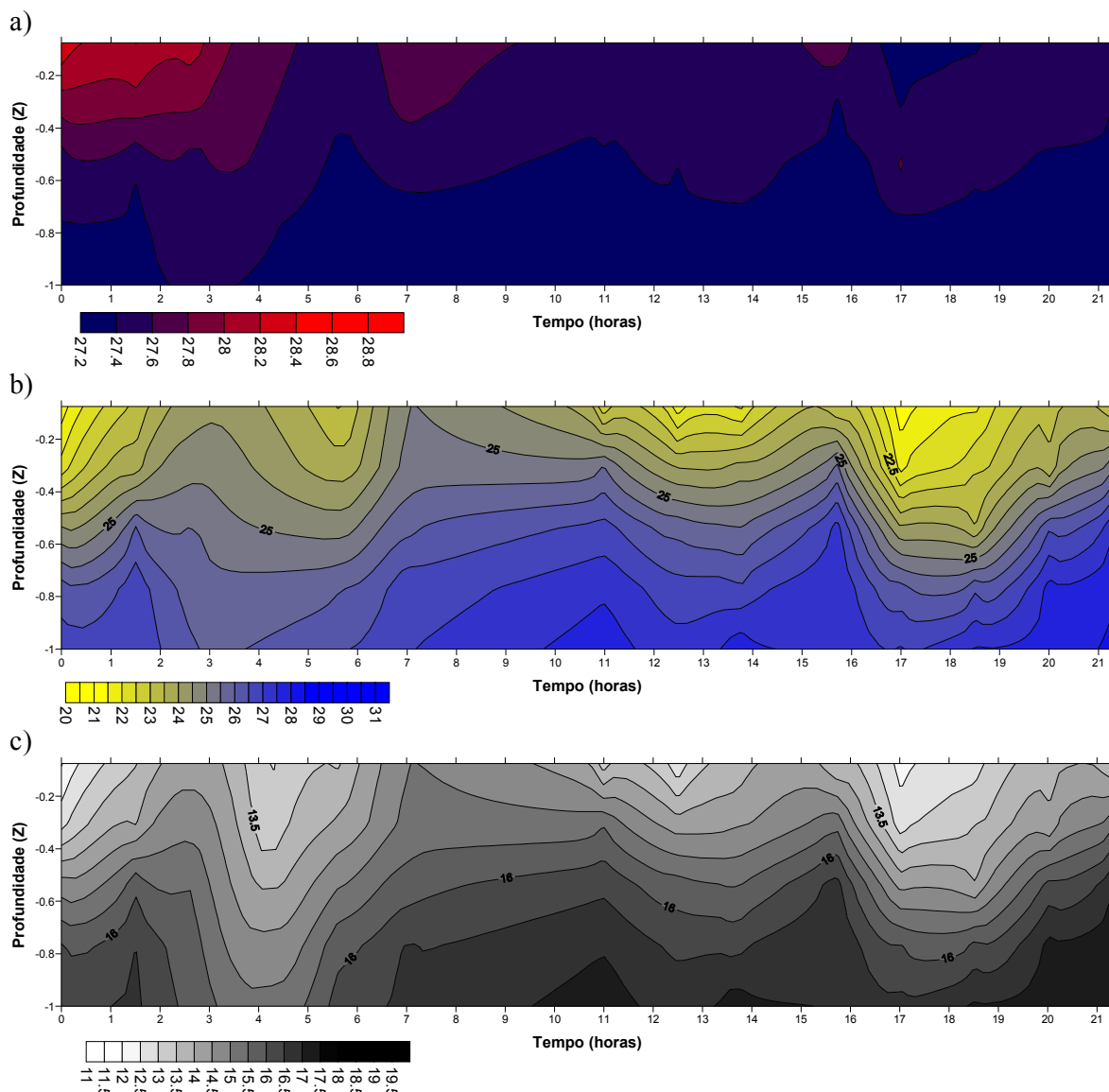


FIGURA 14: GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO ILHA NA MARÉ DE QUADRATURA, ONDE A PROFUNDIDADE NÃO PASSA DOS 9 METROS.

O Ponto Canal (Figura 15), se comportou como os outros dois, com uma coluna d'água bem estratificada, com momentos mais homogêneos de acordo com a força da maré mais intensa. Nota-se também que neste ponto há uma camada

superficial permanente de uma água menos salina, com aproximadamente 21 g/kg de salinidade.

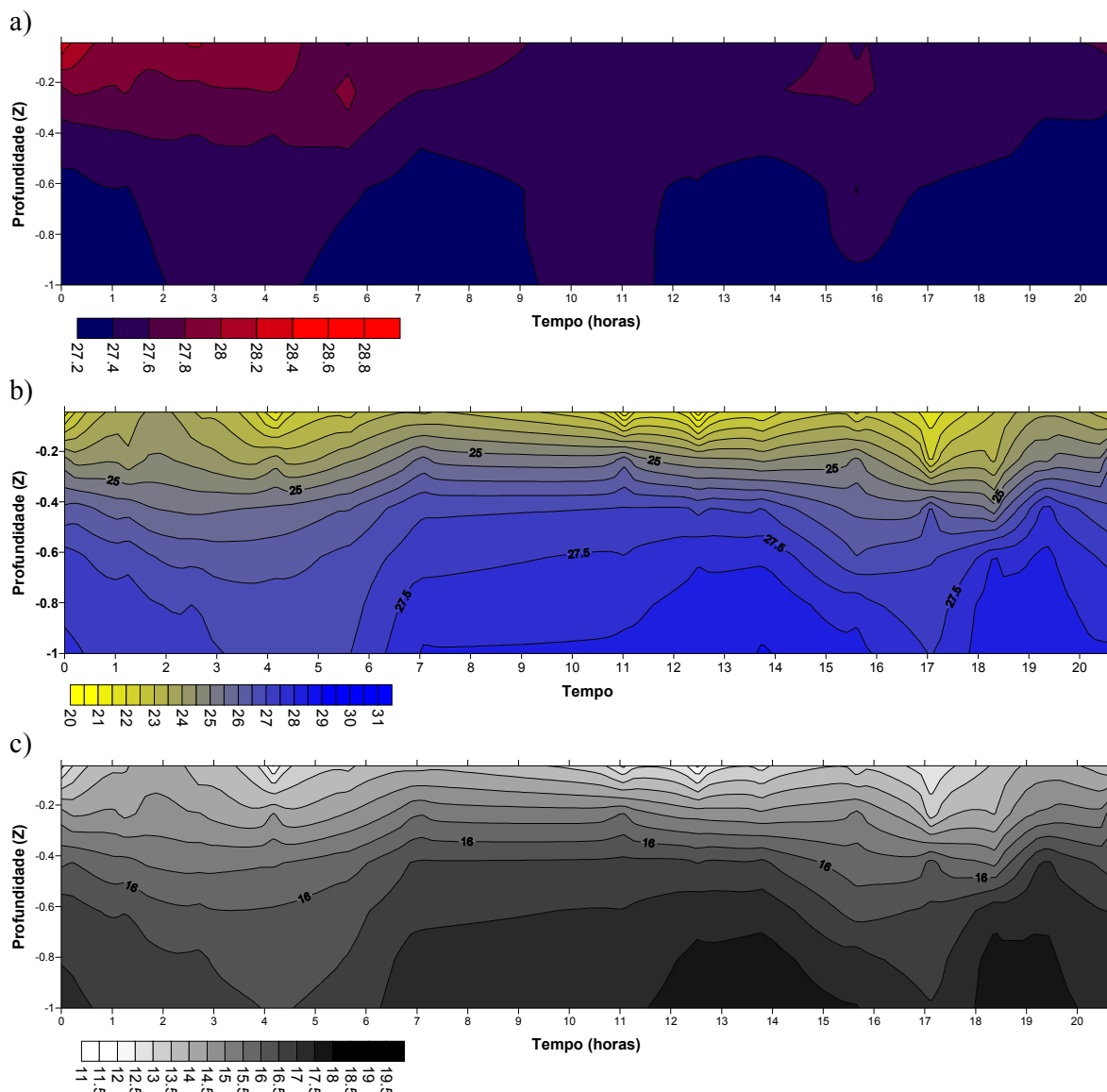


FIGURA 15: GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO CANAL NA MARÉ DE QUADRATURA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA NÃO PASSA DE 16 METROS

5.2.2 HIDROGRAFIA NO PERÍODO DE SIZÍGIA

Nos dados do período de sizígia podem se observar mudanças mais expressivas na coluna d'água em função do tempo. Pelo range de maré ser maior e

ter as correntes de maré mais forte este efeito pode ser observado na estrutura da coluna d'água.

A figura 2 (f), (g) e (h) tem dispostos os momentos em que foram feitas as perfilagens em relação à curva de maré para o Ponto Ilha, Ponto Canal e o Ponto Canal durante o período de sizígia.

No Ponto Canal, a média da salinidade (Tabela 5) variou de 25 durante a maré baixa, até 30.46 na maré cheia. No entanto, o gradiente de salinidade na coluna d'água não passa de 3.6, o qual ocorreu na maré vazante. Isso evidencia que a dinâmica das correntes age em todas as profundidades, misturando a coluna de água. Isso também aponta que quanto mais intensas as correntes de maré menor é a estratificação, isto devido aos processos de difusão turbulentos.

TABELA 5: ESTA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO CANAL.

Transecto	Salinidade (g/kg)				Temperatura(°C)			
	Superf.	Fundo	ΔS	Média	Superf.	Fundo	ΔT	Média
1	29.06	30.05	0.99	29.38	27.72	27.87	-0.16	27.77
2	29.28	30.38	1.10	29.85	27.72	27.91	-0.20	27.76
3	29.62	30.45	0.83	30.28	27.73	27.80	-0.07	27.72
4	25.99	29.59	3.60	28.71	27.83	28.59	-0.76	28.03
5	24.33	27.11	2.78	26.18	28.02	28.40	-0.38	28.11
6	24.58	26.41	1.84	25.80	28.06	28.26	-0.20	28.14
7	27.15	27.29	0.14	27.33	28.06	28.02	0.03	28.05
8	27.09	29.31	2.22	28.67	27.94	27.78	0.17	27.94
9	28.82	29.55	0.73	29.43	27.88	27.77	0.11	27.87
10	30.00	30.17	0.18	30.15	27.66	27.66	0.00	27.66
11	28.50	30.82	2.31	30.46	27.52	27.49	0.03	27.54
12	26.53	26.92	0.39	26.75	27.98	28.01	-0.03	27.99
13	25.51	27.41	1.89	26.44	27.97	28.17	-0.21	28.05

A Figura 16 corresponde aos perfis de salinidade nos momentos onde a média de salinidade é a menor, a maior e onde ocorre a maior diferença entre a

superfície e o fundo no Ponto Canal durante a maré de sizígia, com esta tem como se observar como variou a coluna d'água neste período.

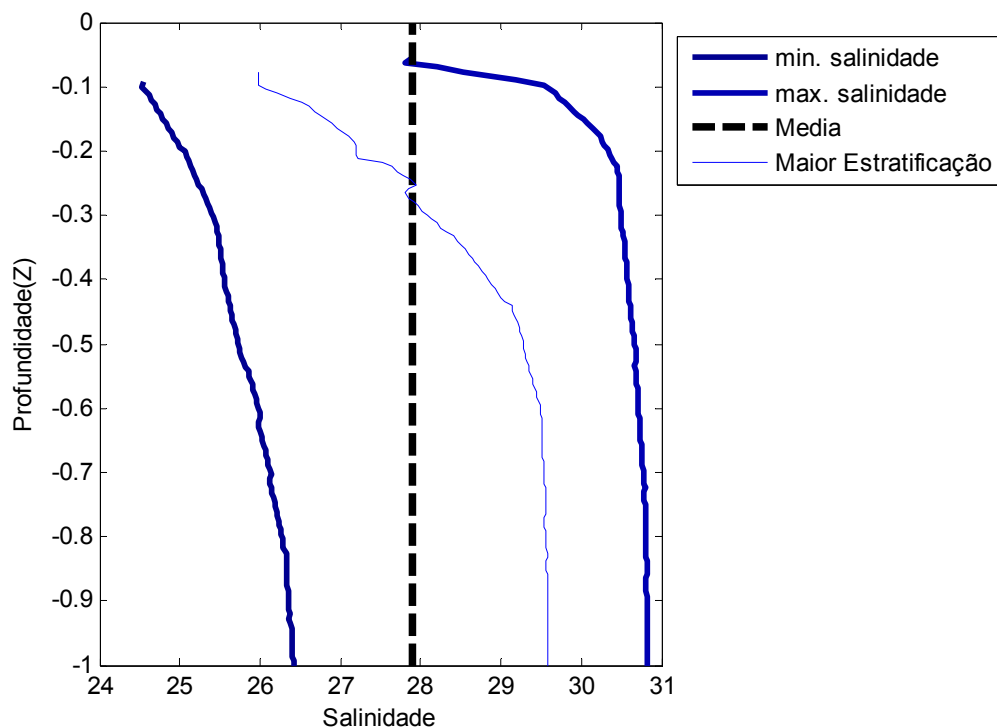


FIGURA 16: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIAS DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOVE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO CANAL NO PERÍODO DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 16 METROS.

TABELA 6: ESTA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO ILHA.

Número do Perfil	Salinidade(g/kg)				Temperatura(°C)			
	Superf.	Fundo	ΔS	Média	Superf.	Fundo	ΔT	Média
1	28.04	29.23	1.19	28.99	27.85	28.62	-0.77	28.01
2	28.44	29.43	0.99	29.17	27.90	28.78	-0.89	28.15
3	27.90	30.29	2.39	29.63	27.69	28.81	-1.11	27.95
4	26.36	29.55	3.19	28.68	27.77	28.40	-0.63	27.93
5	25.66	26.37	0.70	26.10	27.97	28.12	-0.15	28.03
6	24.59	24.88	0.30	24.80	28.33	28.32	0.01	28.34
7	25.59	26.48	0.88	26.23	28.05	28.16	-0.11	28.07
8	25.81	26.95	1.13	26.67	27.92	27.59	0.34	27.87
9	27.11	27.37	0.26	27.28	27.97	27.92	0.04	27.96
10	27.79	28.90	1.11	28.78	27.89	27.81	0.07	27.88
11	26.85	29.81	2.97	29.19	27.72	27.60	0.12	27.71
12	26.84	30.45	3.61	29.80	27.61	27.82	-0.21	27.67
13	25.37	26.80	1.43	26.50	27.95	27.92	0.03	27.94
14	25.22	25.31	0.09	25.26	28.02	28.05	-0.03	28.02
15	25.68	25.71	0.03	25.70	28.01	28.02	-0.01	28.01

Para o Ponto Ilha a média de salinidade não passou dos 29.8 g/kg durante a maré cheia, na média de 0.5 g/kg a menos que no ponto canal. O maior gradiente de salinidade foi na estufa da maré alta, perfil 12, que ocorreu em torno das 04:48h do dia 22/02. A estratificação da temperatura teve um máximo de 1,11°C quando a maré estava começando a vaziar. Mas nos outros momentos sua estratificação foi baixa, o que se pode deduzir que neste momento teria um fluxo bi-dimensional.

Neste ponto, como se pode observar pela Figura 17, os momentos de maior estratificação e de maior média de salinidade coincidem, além disso, nota-se claramente que o range de variação da salinidade durante o ciclo de maré, que foi de 24.8 até 29.63 g/kg.

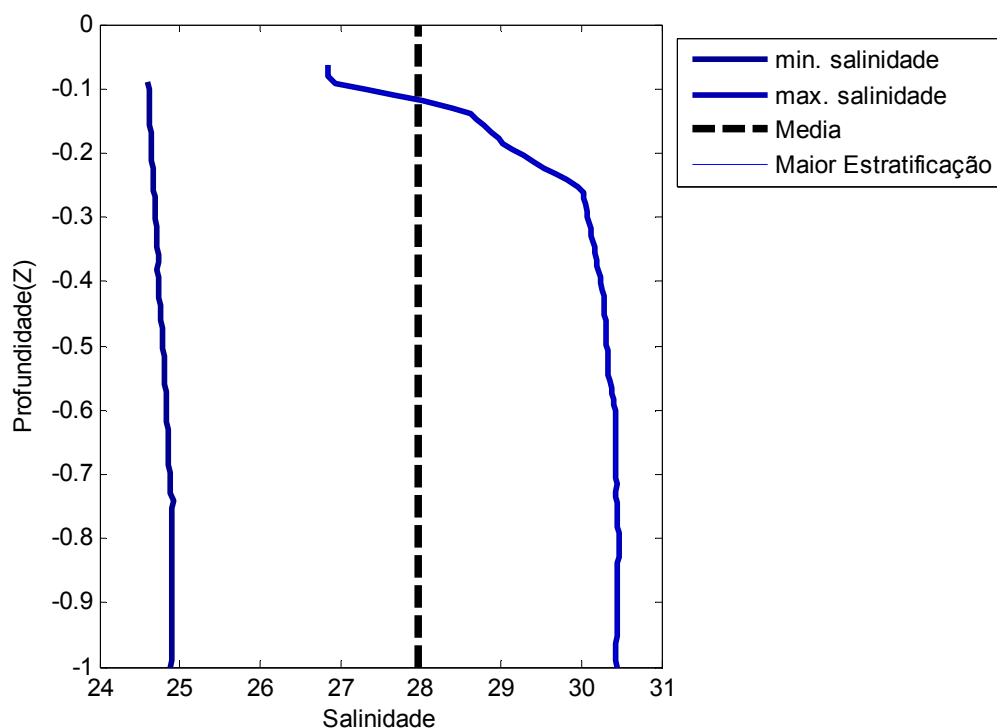


FIGURA 17: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIAS DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOUE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO ILHA NO PERÍODO DE SIZÍGIA, ONDE AS PROFUNDIDADES MAXIMAS CHEGAM A 13 METROS.

Na região do Ponto Pontal (Tabela 7), por ser onde se encontram as maiores profundidades, foi onde ocorreram com mais freqüência as maiores médias de salinidade, e o maior gradiente de salinidade do transecto, com cerca de 2,99 g/kg, durante a maré vazante.

TABELA 7: ESTA DISPÕE DOS VALORES DE SALINIDADE E TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE E NO FUNDO, A DIFERENÇA ENTRE ELES E A MÉDIA NA COLUNA D'ÁGUA, NO PONTO PONTAL.

Número do Perfil	Salinidade(g/kg)				Temperatura(°C)			
	Superf.	Fundo	ΔS	Média	Superf.	Fundo	ΔT	Média
1	29.93	30.33	0.406	30.10	27.73	27.79	-0.06	27.80
2	29.41	30.58	1.168	30.32	27.837	28.13	-0.30	27.82
3	29.80	30.47	0.67	30.21	27.767	27.97	-0.21	27.83
4	25.75	28.74	2.99	27.61	28.163	28.72	-0.55	28.43
5	25.41	26.90	1.498	26.22	28.273	28.30	-0.03	28.33
6	26.15	26.89	0.736	26.62	28.234	28.33	-0.10	28.23

7	25.42	27.36	1.939	26.94	28.102	27.95	0.15	28.20
8	27.77	27.87	0.1	27.86	28.054	28.09	-0.04	28.06
9	27.34	29.39	2.044	28.61	27.956	27.85	0.11	27.91
10	28.89	29.79	0.901	29.77	27.855	27.73	0.13	27.85
11	30.41	30.52	0.114	30.47	27.642	27.72	-0.08	27.69
12	30.50	30.79	0.295	30.74	27.556	27.82	-0.26	27.65
13	26.13	27.24	1.107	26.63	27.935	27.94	-0.01	27.94
14	25.60	27.35	1.752	26.73	27.928	28.25	-0.32	28.00

A Figura 18 ilustra a variação da salinidade de acordo com o momento da maré, e também o quão homogênea é a coluna d'água, exceto no momento de maior estratificação.

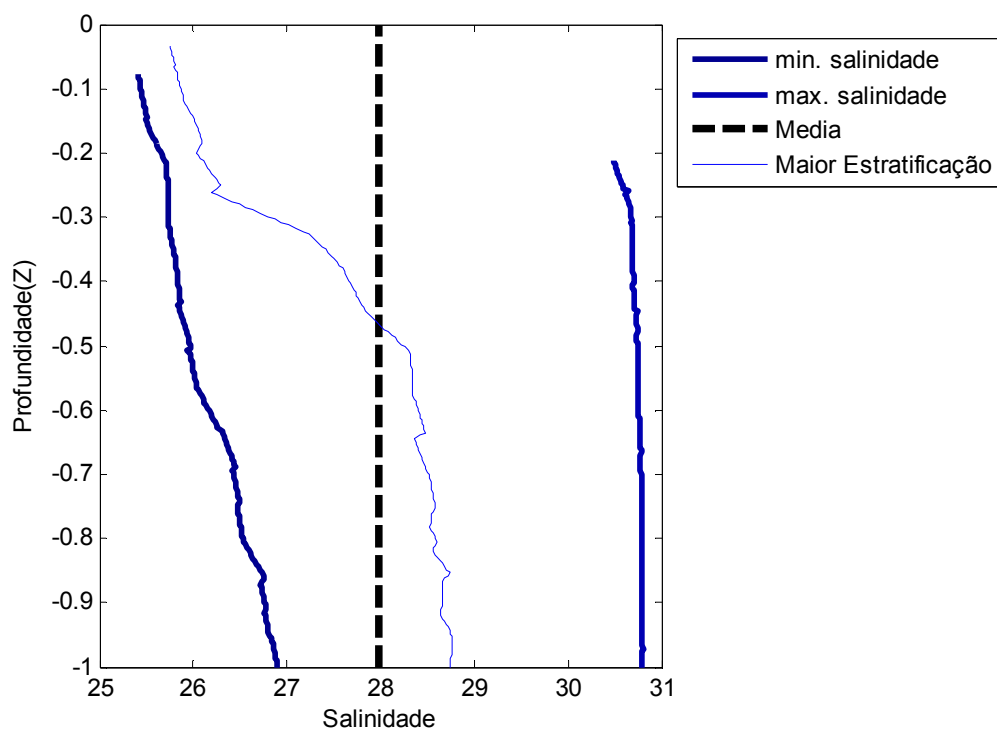


FIGURA 18: REFERENTE AOS PERFIS DE MENORES E MAIORES MÉDIAS DE SALINIDADE, MIN. SALINIDADE E MAX. SALINIDADE RESPECTIVAMENTE, A MÉDIA DE TODOS OS VALORES OBTIDOS E AINDA O PERFIL QUE HOVE A MAIOR ESTRATIFICAÇÃO. RELATIVO AO PONTO PONTAL NO PERÍODO DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE FICA EM TORNO DOS 25 METROS.

A partir dos dados gerados pela interpolação da salinidade, da temperatura e da densidade durante o ciclo de maré, pode-se observar como a coluna d'água se comporta em todas as fases da maré.

A coluna d'água no Ponto Pontal apresentou valores de salinidade e temperatura variando de acordo com o ciclo da maré. Durante a maré enchente, observa-se um aumento da salinidade nas camadas mais profundas, que com o tempo vai até as mais superficiais, até esta perder intensidade e começar uma concentração de água menos salina na superfície. Isso indica o começo da maré vazante, que leva seus índices de salinidade até as camadas mais profundas.

Os valores de densidade acompanham os de salinidade e observa-se também um leve aquecimento da água quando a salinidade diminui.

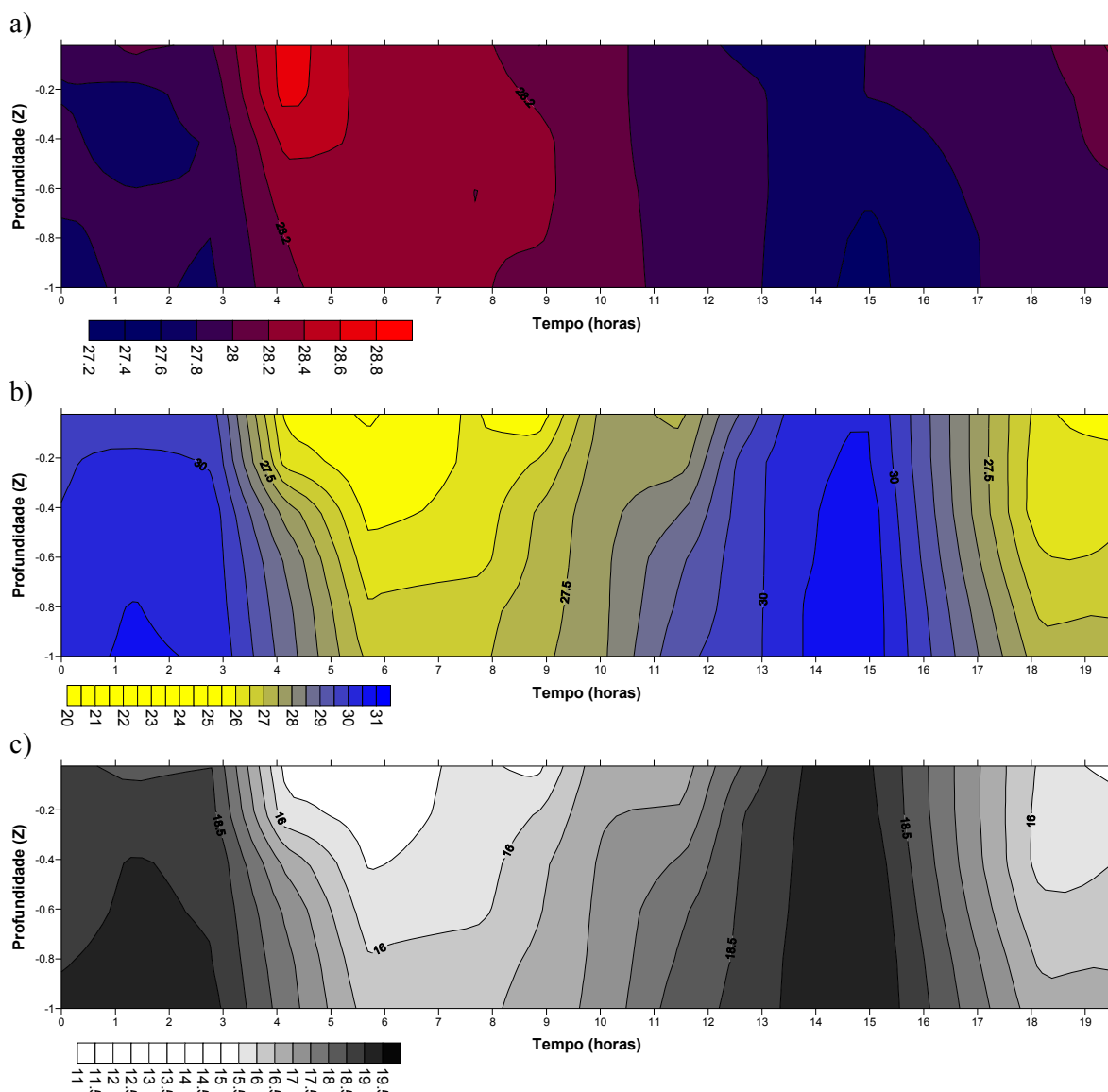


FIGURA 19 GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO PONTAL NA MARÉ DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 25 METROS.

O Ponto Ilha (Figura 20) apresentou um comportamento da coluna d'água em função do tempo semelhante ao Ponto Pontal. No entanto, observa-se que durante a vazante a salinidade em relação à profundidade estava mais homogênea. Já durante o período de enchente a coluna d'água não ficou tão homogênea quanto na vazante.

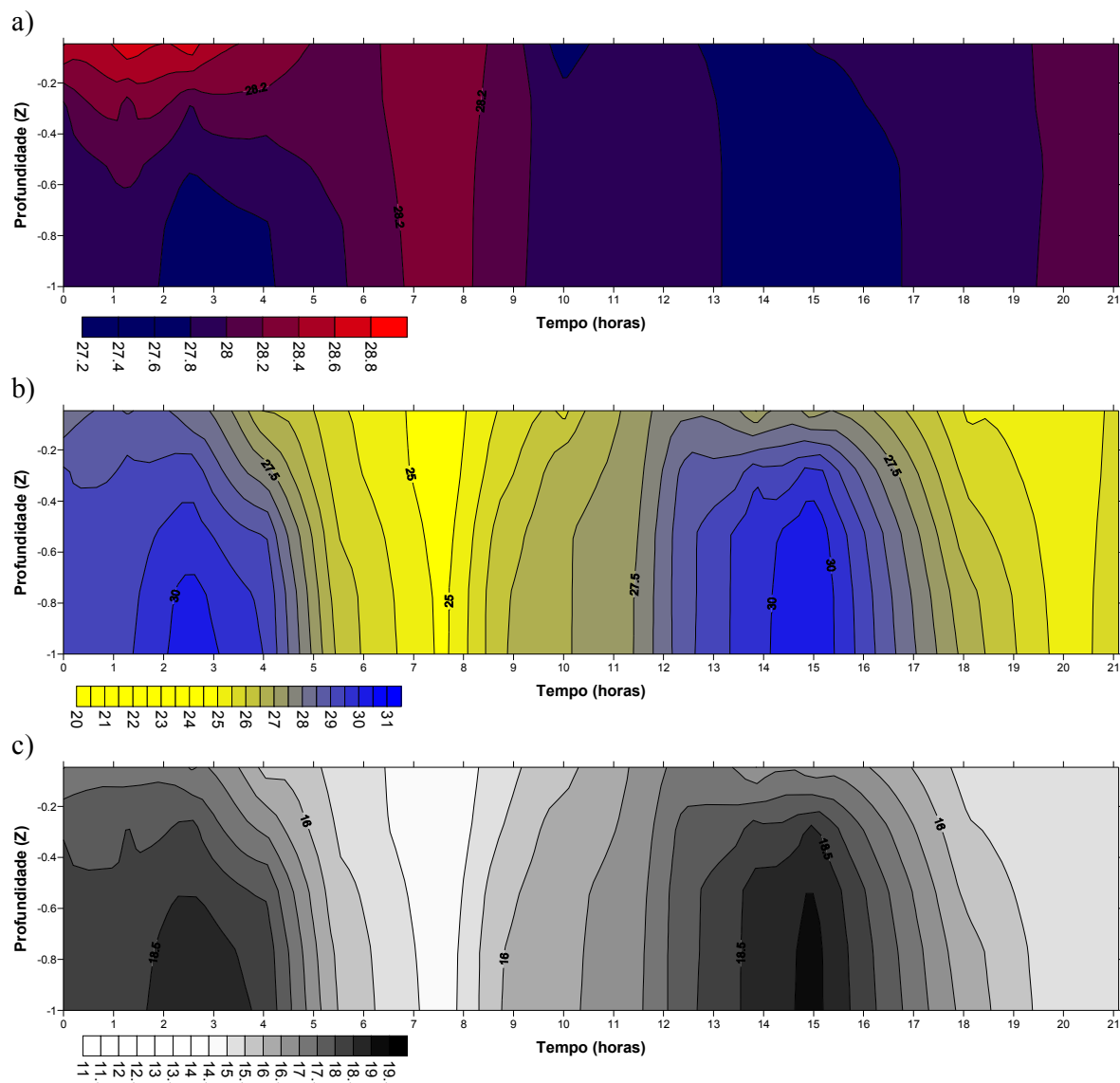


FIGURA 20 GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO ILHA NA MARÉ DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 13 METROS.

No Ponto Canal (Figura 21), houve poucos momentos em que a coluna d'água permaneceu homogênea, e estes momentos ocorreram em períodos de

estofas, tanto de cheia quanto de vazante. Observa-se também a maior concentração de água salgada no fundo durante a maré enchente, indicando a cunha salina, e o maior fluxo de água doce pela superfície durante os momentos de vazante.

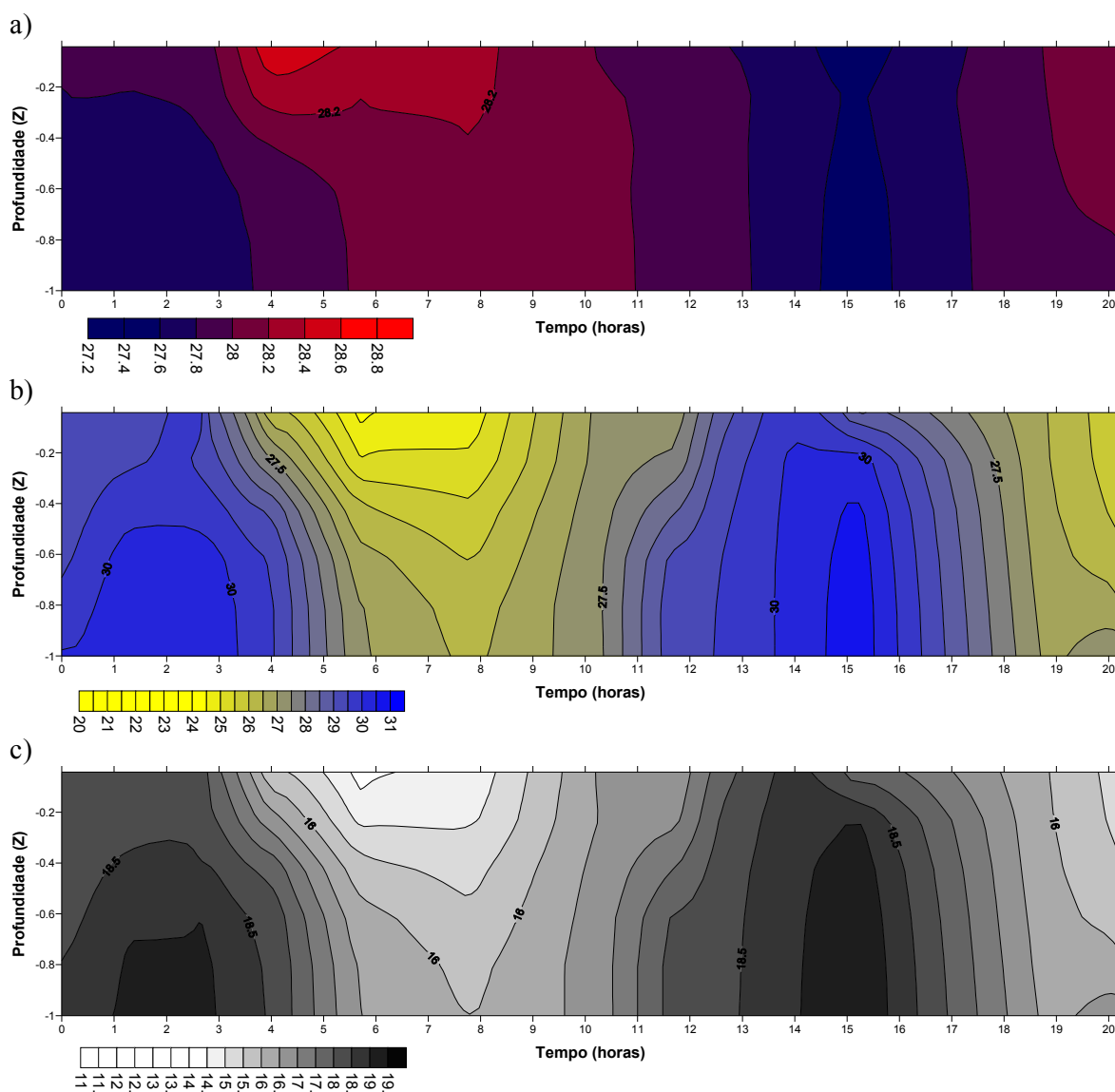


FIGURA 21: GRÁFICO DE ISOLINHAS DE TEMPERATURA (A), SALINIDADE(B) E A DENSIDADE(C) AO LONGO DO PONTO CANAL NA MARÉ DE SIZÍGIA, ONDE A PROFUNDIDADE MÁXIMA ALCANÇA 16 METROS.

5.3 DADOS CORRENTOGRÁFICOS PARA O PERÍODO DE QUADRATURA

Os dados referentes ao comportamento das correntes de maré do período de quadratura foram coletados a partir do dia 14/02/2008 as 12:28h até as 12:26h do dia seguinte, e o horário de início de cada transecto em relação a altura da maré pode ser observado na figura 2(a). O range de maré para o período de quadratura foi de 0.63 metros.

Nesta seção será apresentado um transecto referente à baixa-mar (transecto1), um referente à preamar (transecto 11), um de maré vazante (transecto 18) e um de maré enchente (transecto 3).

5.3.1 MOMENTO DE BAIXA-MAR

Durante o período de baixa-mar pode-se observar valores de correntes fracas, com a componente u da velocidade com valores menores do que 60 cm s^{-1} no sentido da vazante e apenas 35 cm s^{-1} durante a enchente. Há um fluxo bidirecional sendo que a camada superficial em sentido estuário a fora e nas camadas mais profundas um movimento estuário acima.

Como pode ser observado na Figura 23 e 24, existe uma diferença nas intensidades das correntes ao longo do transecto. Na região do canal natural o modelo de circulação difere do restante do transecto. Já que a origem das águas que passam por ali é distinta do restante da seção, uma vez que a região do canal da Galheta até a Ilha é formada da água que estava no interior do CEP proveniente do eixo Leste-Oeste na continuação do canal de acesso ao Porto de Paranaguá, e a região da Ponta do Poço é um encontro de corpos d'água, um proveniente da parte sul da Ilha da Cotinga e o outro o que passa pela face Leste desta mesma Ilha (Figura 22).



FIGURA 22: ESQUEMA DAS ORIGENS DAS ÁGUAS QUE PASSAM PRÓXIMO A REGIÃO DA PONTA DO POÇO (FIGURA MODIFICADA DA CARTA NÁUTICA DA BARRA DE PARANAGUÁ A ANTONINA).

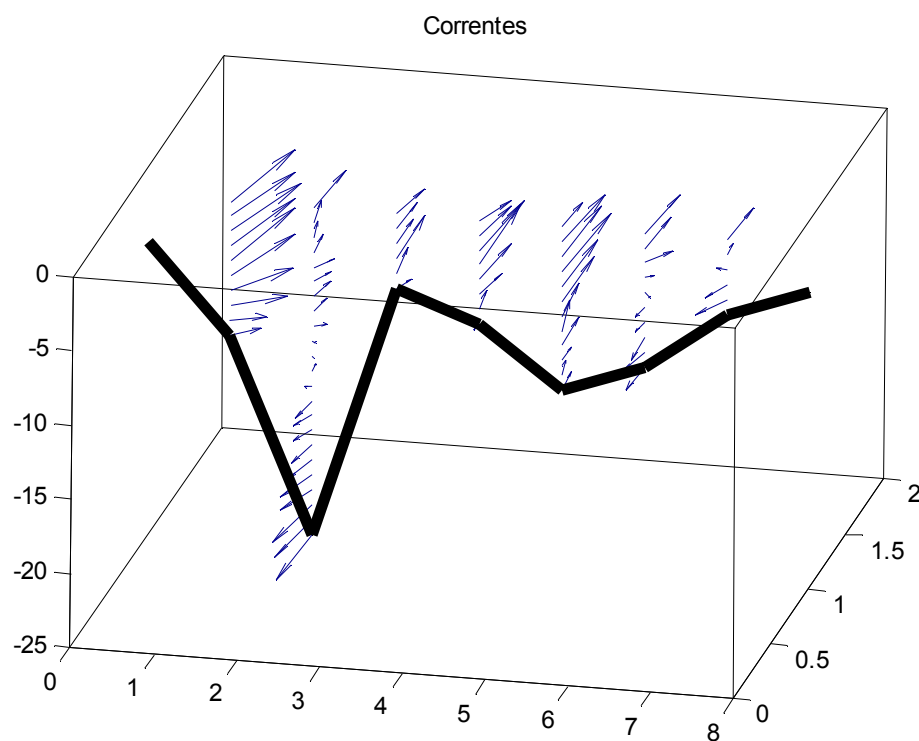


FIGURA 23: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE BAIXA-MAR EM QUADRATURA. TRANSCETO 1

De acordo com a Figura 24, fica nítido onde ocorrem os fluxos bidirecionais, ou seja, nas camadas mais profundas, onde a maré já está enchendo e nas partes superficiais que maré ainda continua vazando.

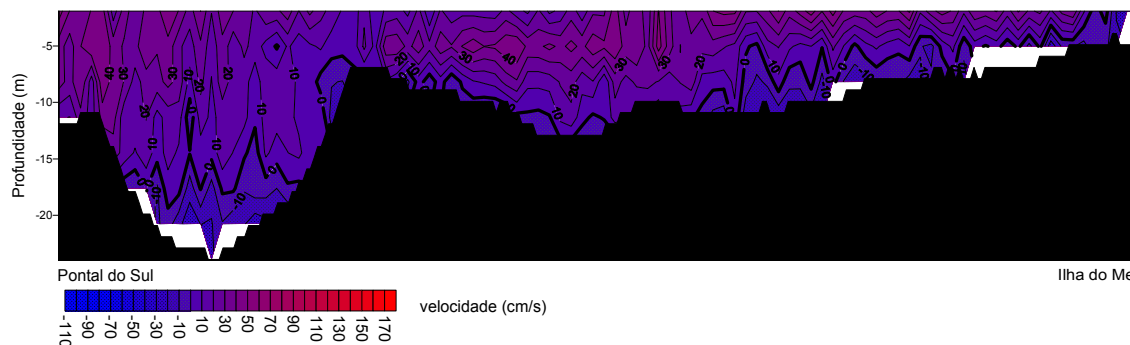


FIGURA 24: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A BAIXA-MAR DE QUADRATURA

5.3.2 MOMENTO DE PREAMAR

Neste momento, as velocidades das correntes ainda continuam baixas, pode-se observar também um fluxo bi-direcional. Mas, neste caso, apenas os primeiros metros de profundidade em que as correntes ainda estão indo no sentido estuário afora e com baixa intensidade.

Nas Figuras 25 e 26 também fica evidente que as maiores velocidades, em torno de -60 cm s^{-1} encontram-se nas maiores profundidades. Mais especificamente na Ponta do Poço e no Canal Navegável, aonde as profundidades chegam a 24 e 15 metros respectivamente.

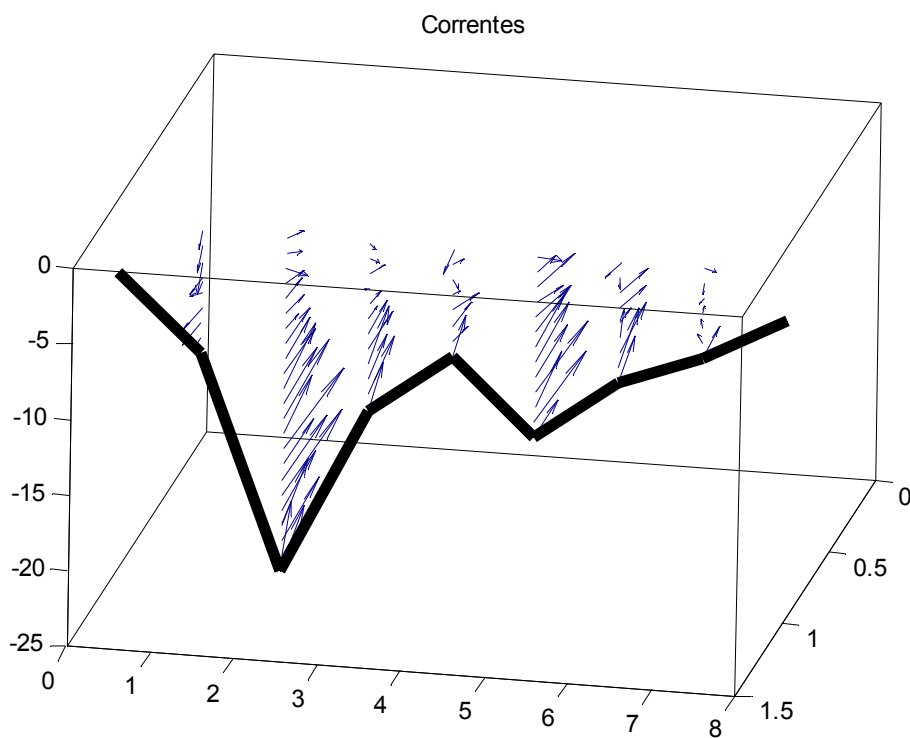


FIGURA 25: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE PREAMAR EM QUADRATURA. TRANSECTO11

A Figura 26 mostra as camadas d'água onde os fluxos são bidirecionais, ou seja, nas camadas mais superficiais, em que a maré continua vazando. Ainda, os maiores valores de velocidade estão no canal natural da ponta do poço em torno de 70 cm s^{-1} .

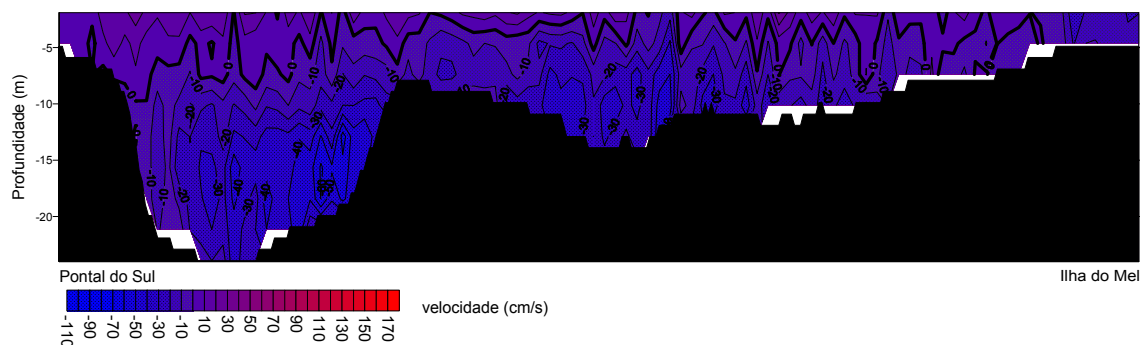


FIGURA 26: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A PREAMAR DE QUADRATURA

5.3.3 MOMENTO DE ENCHENTE

O momento de enchente é marcado por valores altos de correntes, podendo chegar até a 100 cm s^{-1} . Na região da Ponta do Poço, local preferencial de maré enchente, as correntes sofrem um desvio para o norte de acordo com sua profundidade. Em um artigo de SOUZA & SIMPSON (1994), os autores confirmaram a modificação que as correntes sofrem de acordo com a estratificação vertical da densidade na coluna d'água. A Figura 28 mostra o gradiente da densidade em relação à profundidade, assim pode-se sugerir que as mudanças nas direções das correntes com o aumento da profundidade podem ter esta causa. Como se pode observar na Figura 27, este desvio ocorre a partir da pycnoclina (5 metros) e depois se acentua quando se aproxima com o fundo. Outro fator que pode influenciar o padrão destas correntes é a presença do baixio da Ilha da Cotinga localizado mais a frente, ao interior do CEP. Este por meio de uma barreira física impede a continuação das correntes, modificando sua estrutura.

Observa-se também como o fundo atua como uma barreira 'freando' a intensidades das correntes, através do atrito e da fricção exercida pelo meio fazendo com que elas sofram modificações.

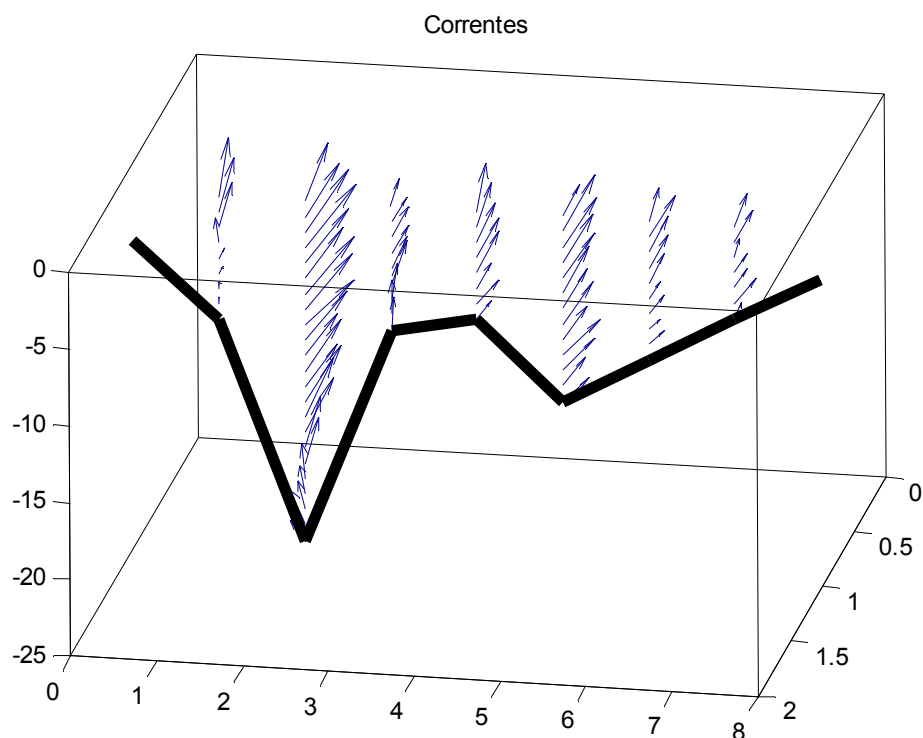


FIGURA 27: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE ENCHENTE EM QUADRATURA. TRANSPECTO 3

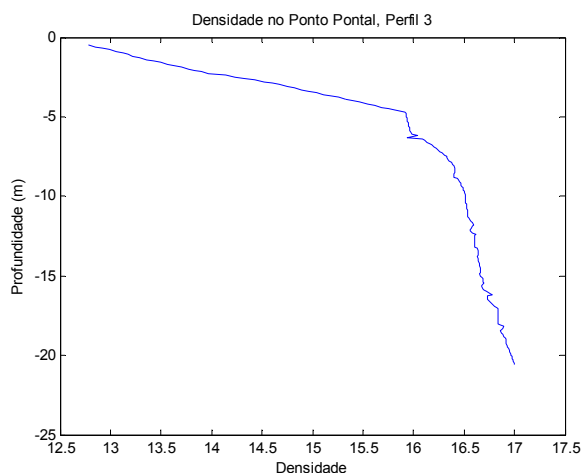


FIGURA 28: GRÁFICO DA DENSIDADE EM RELAÇÃO À PROFUNDIDADE NO PONTO PONTAL DURANTE O PERÍODO DE ENCHENTE TRATADO.

A Figura 29 mostra as velocidades da componente u , mostrando onde ocorrem as maiores velocidades (máximo -90 cm s^{-1}) e, ainda, a região onde ocorrem os desvios. Nota-se como as velocidades das correntes diminuem com atrito da proximidade ao fundo e a proximidade com as margens.

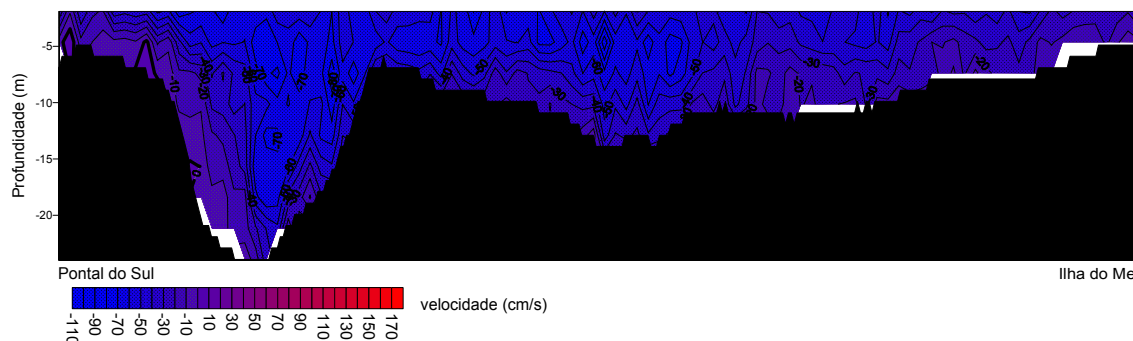


FIGURA 29: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A ENCHENTE DE QUADRATURA

5.3.4 MOMENTO DE VAZANTE

Durante o momento de vazante ocorre um fluxo unidirecional para o leste, com valores máximos das correntes de 105 cm s^{-1} , valores estes muito intensos uma vez que se trata de um período de quadratura.

Os valores de vazão da secção do transecto mais intensos ocorreram na superfície, pois a água que está saindo do estuário já foi diluída pelas águas provenientes dos rios e, com menor densidade, sai pela camada mais superficial da coluna d'água. Uma vez que as correntes são tão intensas ao ponto de intensificar os processos turbulentos, o qual homogeneíza toda coluna d'água. A estratificação na coluna d'água e a intensidade das correntes são comparadas a seguir no capítulo 5.5.

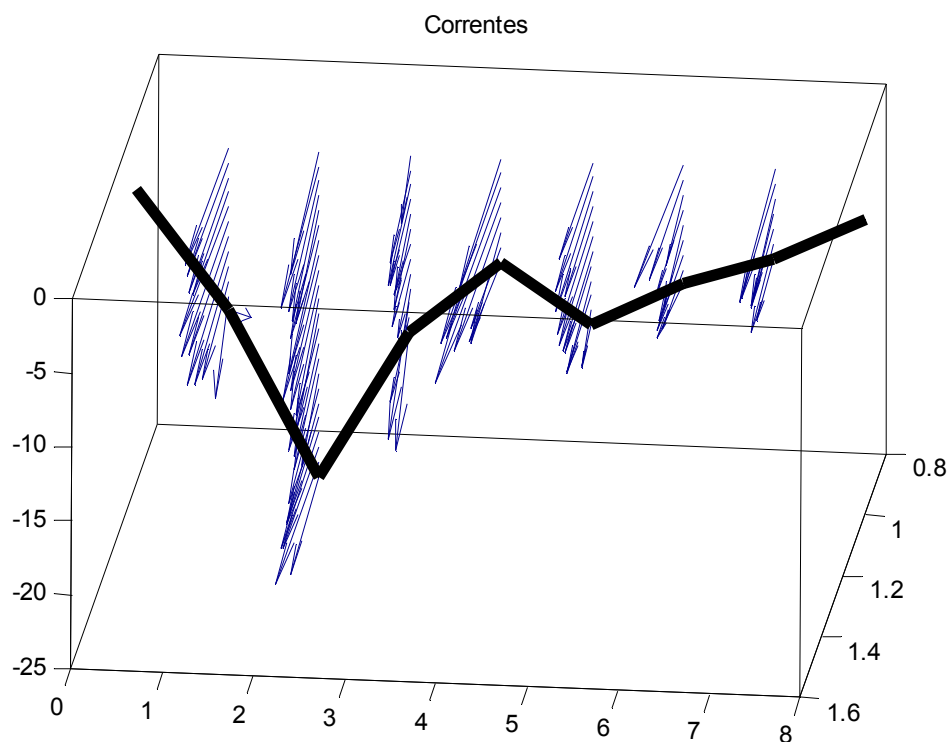


FIGURA 30: GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE VAZANTE EM QUADRATURA. TRANSECTO 18

A Figura 31 mostra onde estão os pontos com maiores velocidades, que variam desde 20 até 85 cm s^{-1} .

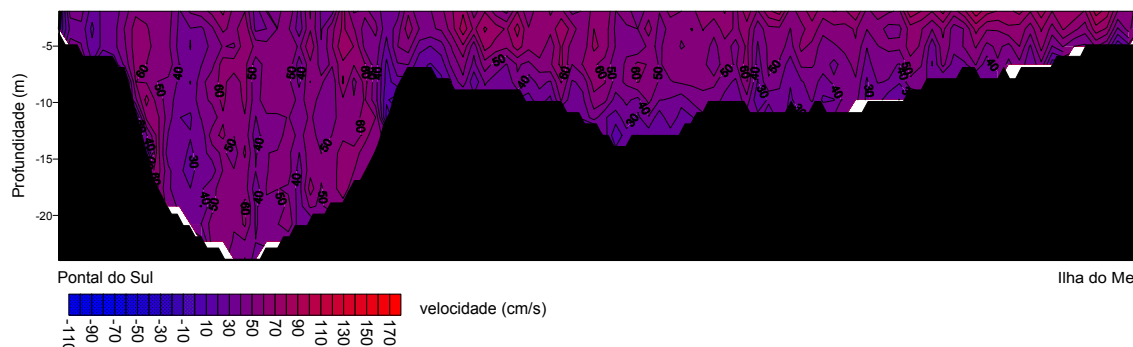


FIGURA 31: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSCETO DURANTE A VAZANTE DE QUADRATURA

5.4 DADOS CORRETOGRÁFICOS PARA O PERÍODO DE SIZÍGIA.

Os dados referentes ao comportamento das correntes de maré do período de sizígia foram coletados a partir do dia 14/02/2008 as 14:50h até as 12:10h do dia seguinte, e o horário de início de cada transecto em relação a altura da maré pode ser observado na figura 2(b). A amplitude de maré para o período de sizígia foi de 1.62 metros.

Os horários dos dados observados na figura 2 (e) referem-se a todos os pontos amostrados durante a coleta de sizígia. Nesta seção serão apresentados um transecto referente à preamar (transecto 3), um a baixa-mar (transecto 15), um de maré vazante (transecto 6) e um de maré enchente (transecto 11).

5.4.1 MOMENTO DE PREAMAR

Durante a preamar da maré de sizígia, pode-se notar que houve uma circulação lateral, onde na parte mais próxima a Pontal (mais especificamente na área da Ponta do Poço) a maré ainda está enchendo e na região em sentido a Ilha do Mel a maré já está vazando.

Pode-se inferir que o fluxo lateral ocorre deste modo, pois a região onde a maré já está enchendo é a mais profunda, a qual a água proveniente da maré enchente, por ser mais densa, tende a entrar ao CEP com maior facilidade, formando assim um canal preferencial de maré enchente nesta área.

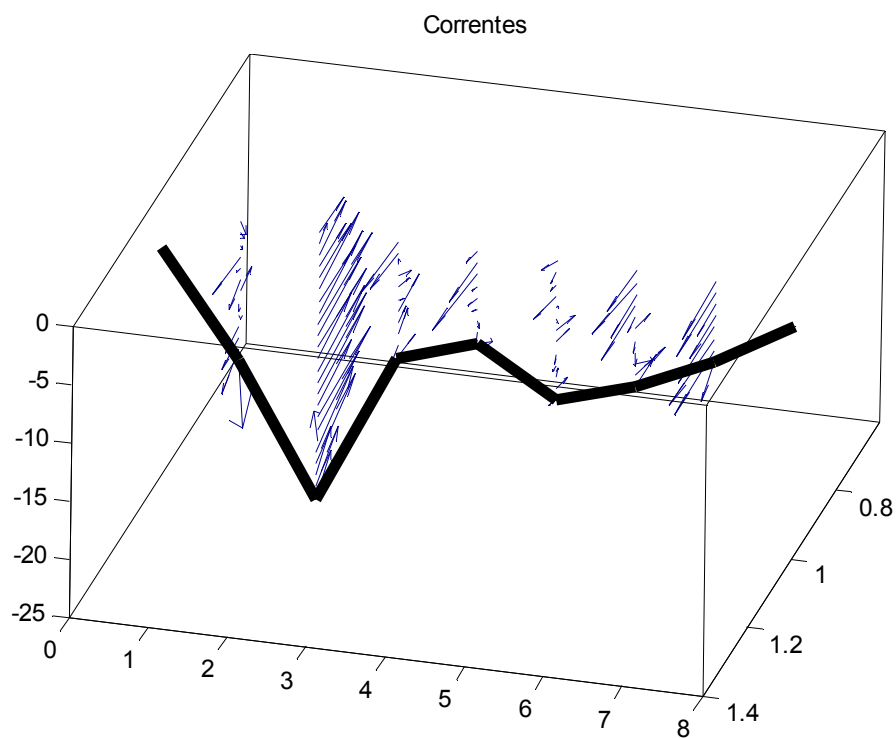


FIGURA 32 GRAFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE PREAMAR EM SIZÍGIA. TRANSECTO 4

Os valores de velocidade para esta hora da maré são fracos variando de $\pm 20 \text{ cm s}^{-1}$.



FIGURA 33: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A PREAMAR DE SIZÍGIA.

5.4.2 MOMENTO BAIXA-MAR

Neste momento também se tem uma circulação lateral clara, com a área mais próxima a Pontal do Sul enchendo e a parte mais próxima a Ilha do Mel as correntes ainda esta vazando.

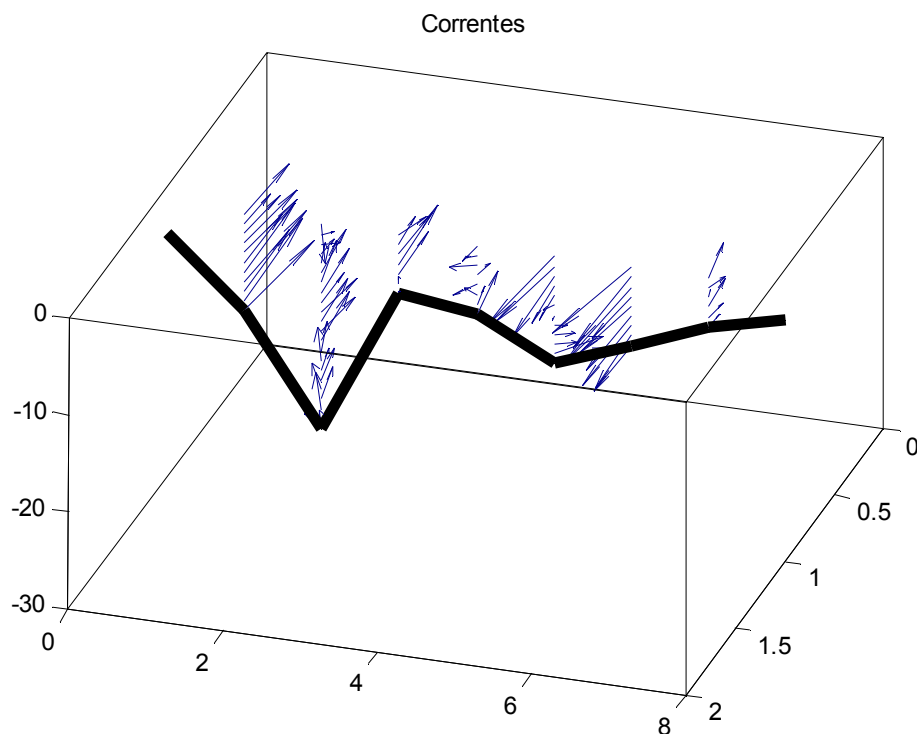


FIGURA 34: GRÁFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE BAIXA-MAR EM SIZÍGIA. TRANSECTO 15

Os valores de vazante nesta região estão mais fracos que os de enchente que estão nas camadas mais profundas com maior intensidade. As velocidades variam de -35 cm s^{-1} na enchente e 20 cm s^{-1} no sentido da vazante.

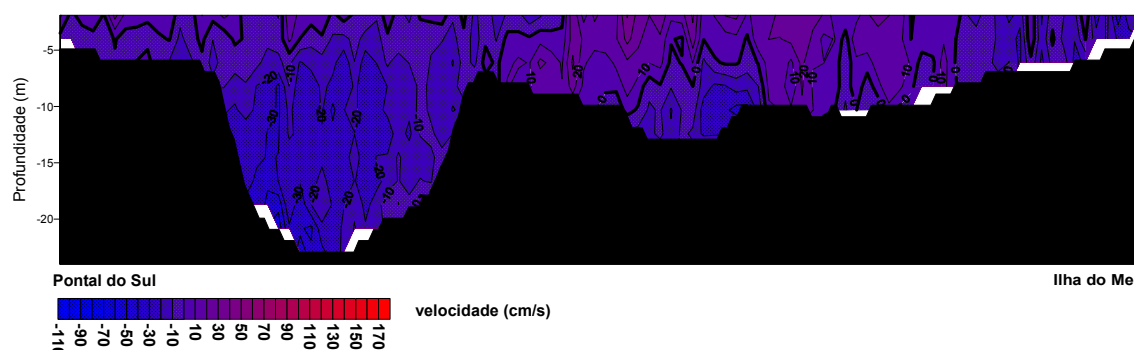


FIGURA 35: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A BAIXA-MAR DE SIZÍGIA.

A circulação lateral que ocorre não é bem desenvolvida. Ela é vista nos momentos em que as correntes são menos intensas e principalmente em trocas de maré, onde na camada mais funda as correntes já estão enchendo. Esta camada fica nas regiões mais próximas a Pontal do Sul. Nas partes mais rasas, onde as correntes continuam no sentido da vazante, encontram-se nas áreas mais próximas a Ilha do Mel.

5.4.3 MOMENTO VAZANTE

No momento de vazante foram encontradas as maiores velocidades de correntes da secção. As Figuras 36 e 37 mostram que as maiores correntes estão na parte superficial da coluna d'água.

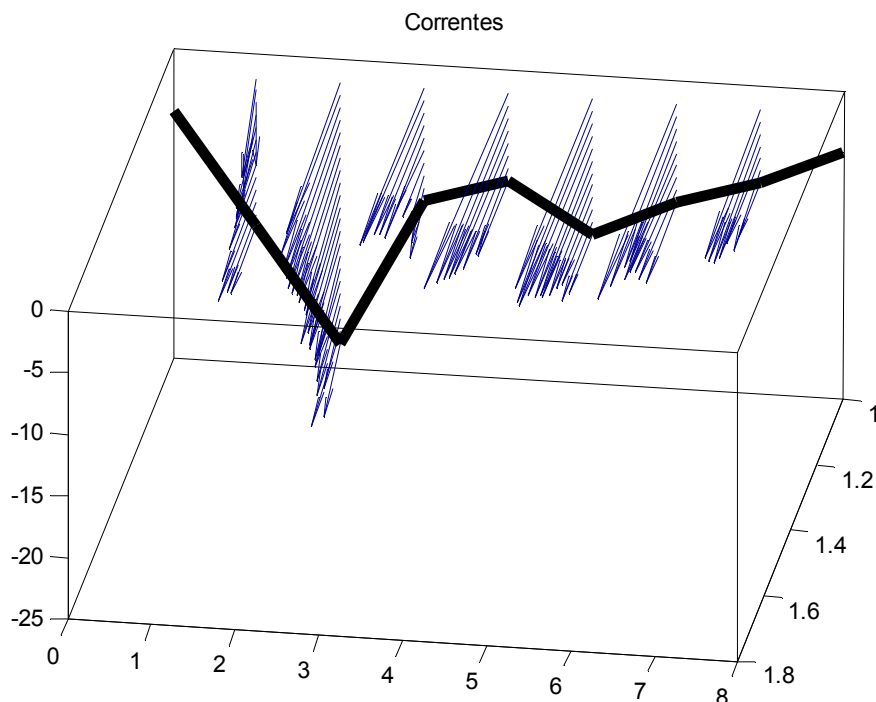


FIGURA 36: GRÁFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE VAZANTE EM SIZÍGIA. TRANSECTO 6

A Figura 37 demonstra a batimetria do transecto e as intensidades das correntes, as quais são muito intensas, com as maiores velocidades em torno de 170 cm s^{-1} na superfície e a partir do canal navegável, onde pelas feições morfológicas da área mais interna da baía fazem desta região o fluxo de água principal das correntes de maré vazante.

Como foi observado durante a maré de quadratura, a dinâmica na região da Ponta do Poço é diferente da região do canal navegável, a qual é resultado da morfologia referente à região mais interna do CEP, a qual cria esta disparidade.

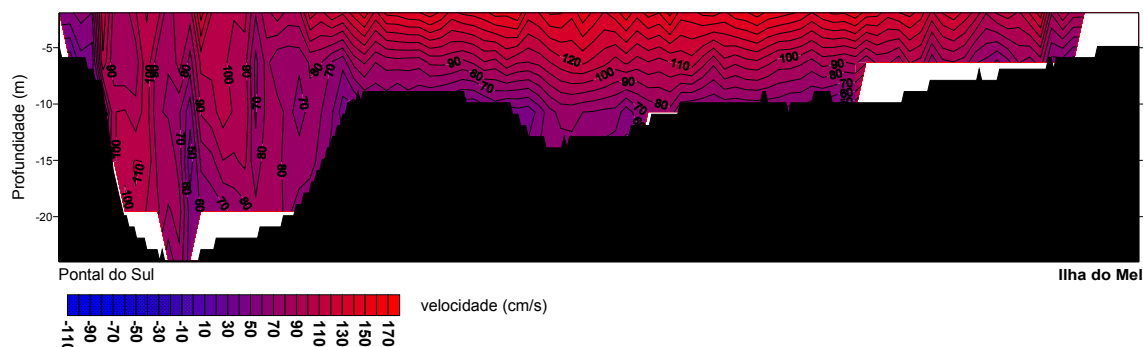


FIGURA 37: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A VAZANTE DE SIZÍGIA.

5.4.4 MOMENTO ENCHENTE

Durante a maré enchente os maiores valores da componente u estão nas profundidades medianas da coluna d'água. Nesta fase da maré, observa-se uma homogeneidade da coluna d'água em relação às correntes no transecto, sendo que, suas intensidades diminuem de acordo com a proximidade do fundo e das margens.

Na região dos 15 metros de profundidade, na Ponta do Poço, nota-se um desvio no padrão das correntes. Isto se dá pela interferência da morfologia da região mais interna da baía, a qual com uma massa d'água de menor salinidade “segura”

esta água que está se movendo ao interior da baía e ainda pelo efeito que a margem age sobre o corpo d'água.

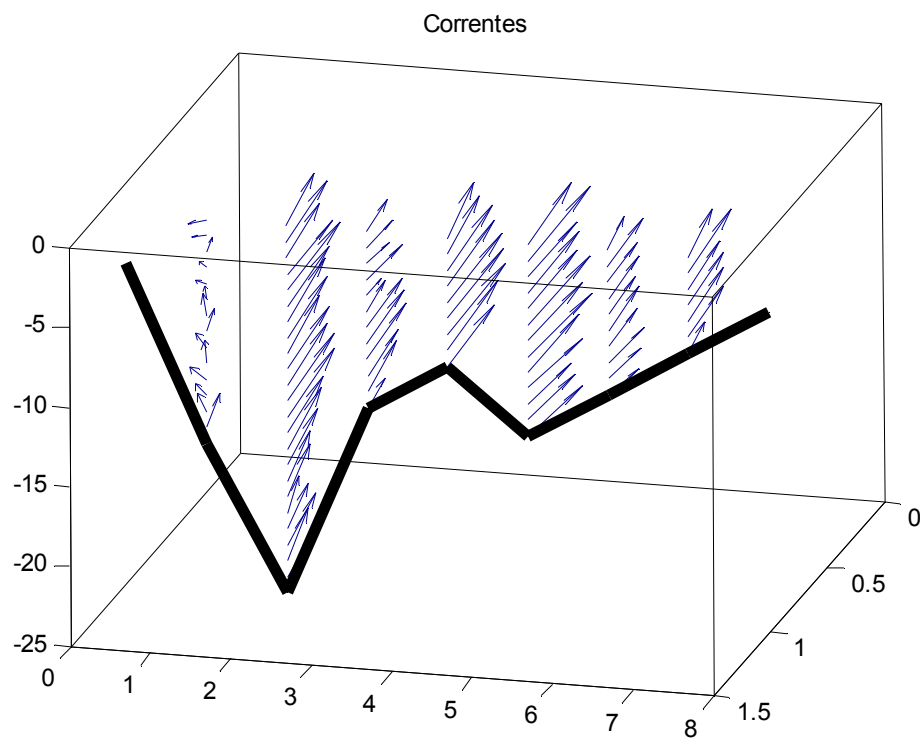


FIGURA 38: GRÁFICO 3D ILUSTRANDO O COMPORTAMENTO DAS CORRENTES NO PERÍODO DE ENCHENTE EM SIZÍGIA. TRANSECTO 11

Os valores da componente u das correntes para o período de enchente foram menores que 80 cm s^{-1} .

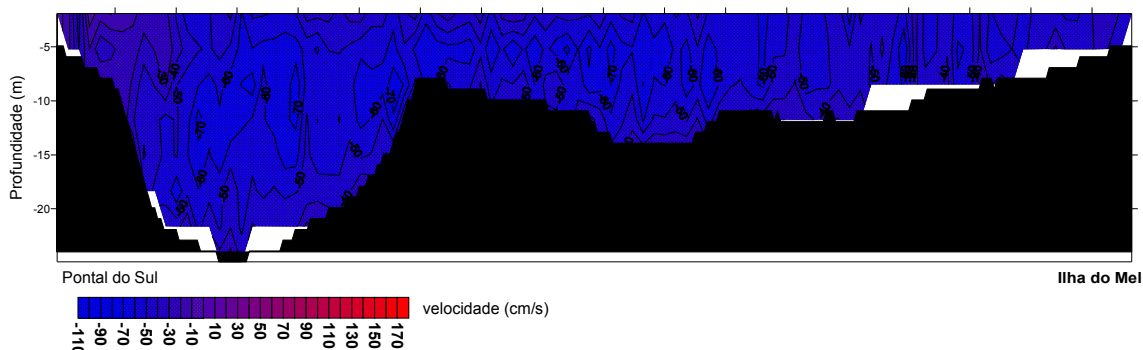


FIGURA 39: GRÁFICO ILUSTRANDO AS VELOCIDADES DA COMPONENTE U NO TRANSECTO DURANTE A ENCHENTE DE SIZÍGIA.

5.5 CORRENTES NO CICLO DE MARÉ.

Os valores das correntes interpolados em função do tempo estão apresentados ao longo do mesmo período de tempo das isótopas de salinidade para que estes possam ser analisados.

5.5.1 MARÉ DE QUADRATURA

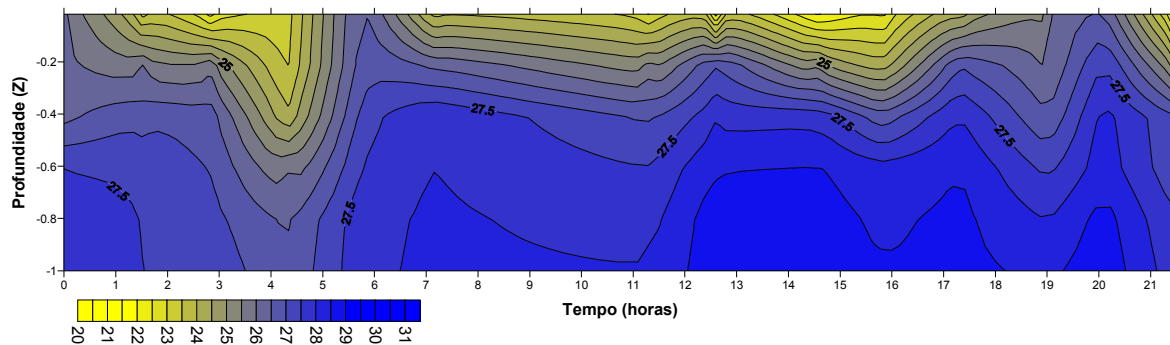
5.5.1.1 PONTO PONTAL

Através da Figura 40(b) podem-se observar os momentos de enchente e de vazante, mostrando ainda os momentos em que há um fluxo bi-direcional. Estas horas são as que apresentam as maiores diferenças entre velocidades de superfície e as de fundo. Neste ponto, a componente u de velocidade variaram de -110 cm s^{-1} na enchente até 85 cm s^{-1} na vazante.

Comparando como se apresentam as correntes e a estrutura da coluna d'água é possível observar como as correntes influenciam a composição da coluna d'água. A Figura 40 compara estas variáveis para o Ponto Pontal. Nesta, fica claro que mesmo se tratando de um período de quadratura no momento de vazante, próximo às 4 horas do tempo corrido, encontram-se valores de baixa salinidade até

as áreas mais profundas, devido à alta intensidade da corrente, promovendo processos turbulentos de mistura vertical.

a)



b)

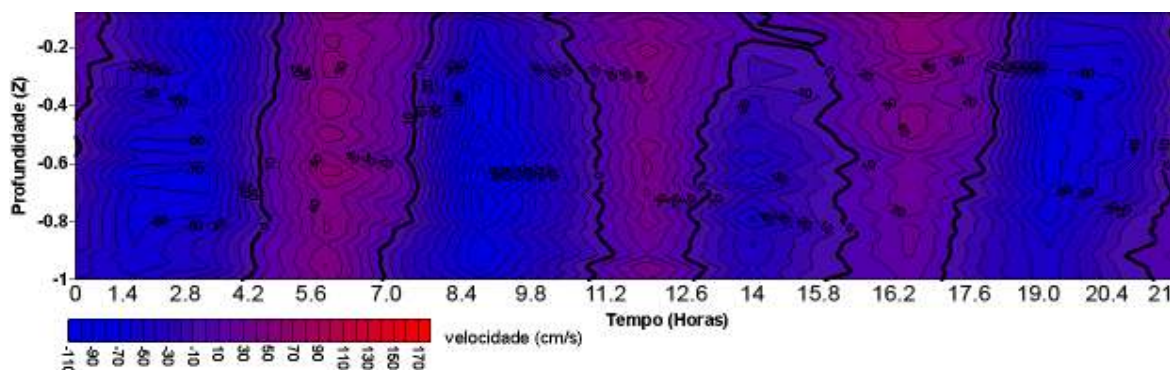


FIGURA 40: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U DE VELOCIDADE (B) PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. REFERENTE À PONTA DO POÇO.

O comportamento da salinidade em relação ao ciclo de maré fica nítido se compararmos a variação da salinidade de acordo com as correntes de maré. A Figura 41 expõe estas variáveis para o Ponto Pontal e, ainda, compara os valores obtidos no fundo com os da superfície. A partir disso, pode-se notar como há uma estratificação na coluna d'água através da distância destas linhas, com os dados de superfície com a salinidade em torno de 24 g/kg e dados de fundo próximos a 28 g/kg, e ainda, como a salinidade diminui em momentos de vazante (componente $u > 0$) e aumenta nos períodos de enchente (componente $u < 0$).

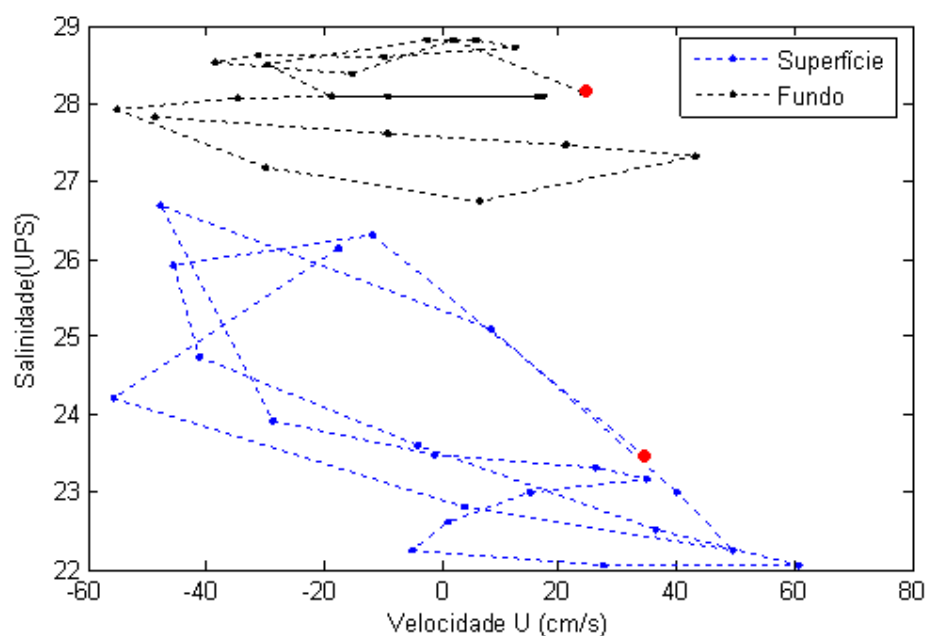


FIGURA 41: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO PONTAL AO LONGO DE 21 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INÍCIO DO TRANSECTO.

O Ponto Pontal foi onde ocorreu a maior diferença entre o fundo e a superfície em relação à direção das correntes. Uma vez que este é o ponto mais profundo do transecto e por se tratar do período de quadratura quando ocorre um alto gradiente de salinidade na coluna d'água ocorre este padrão observado. Cabe ressaltar que neste período de maré as correntes de enchente foram mais fortes do que as de vazante para este ponto.

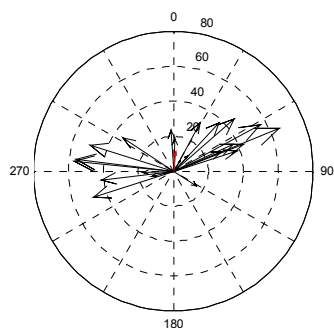


FIGURA 42 DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO PONTAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

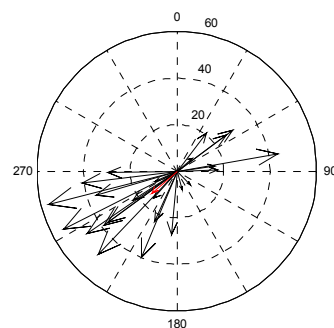


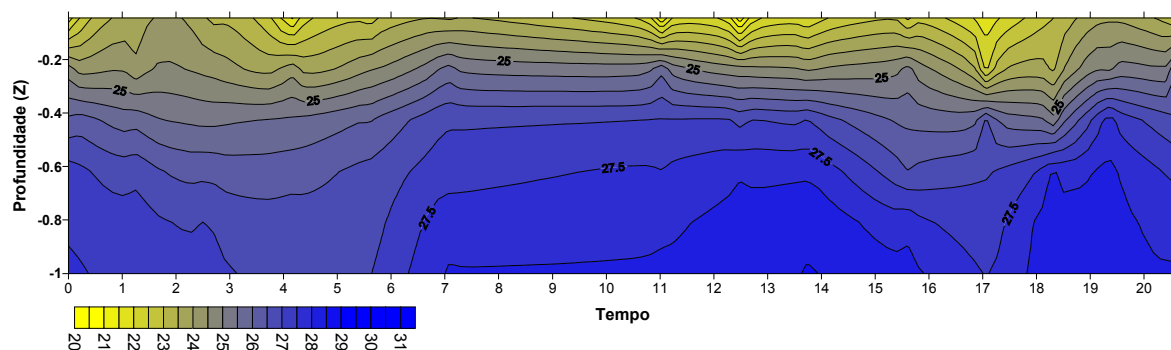
FIGURA 43: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO PONTAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

5.5.1.2 PONTO CANAL DA GALHETA

Para este ponto as velocidades variam de -85 cm s^{-1} até 70 cm s^{-1} . A Figura 44 (b) mostra que as correntes de vazante estão na superfície e as mais fortes de enchentes ficam mais homogêneas em toda coluna d'água. Ainda, mostra também os momentos de fluxos bi-direcionais em estofos de maré.

Para o canal navegável, durante 3 horas contínuas (11,6 até 15,8) se verificou fluxo bidirecional. Neste período também foram verificadas correntes um pouco mais amenas, em torno de -50 a 40 cm s^{-1} . Isso explica também o maior gradiente de salinidade da coluna d'água.

a)



b)

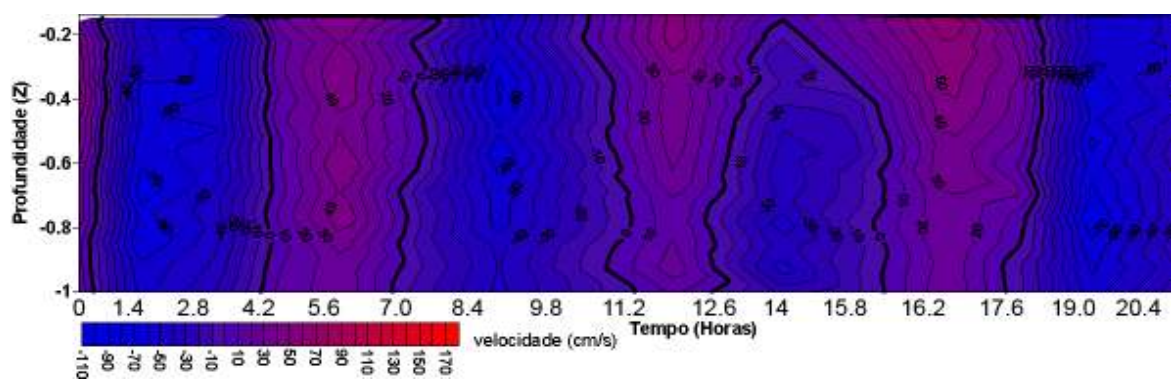


FIGURA 44: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E VALORES DA COMPONENTE U (B) DE VELOCIDADE PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. CANAL NAVEGÁVEL.

Analisando a componente u e a salinidade em um mesmo gráfico (Figura 45), observa-se como a salinidade acompanha os valores de correntes. Nota-se também como bem estratificada fica a coluna d'água no período de quadratura. Com velocidades mais amenas, no máximo 50 cm s^{-1} , nas camadas mais profundas e um pouco mais rápidas, chegando a 70 cm s^{-1} , nas regiões de menor salinidade, na superfície.

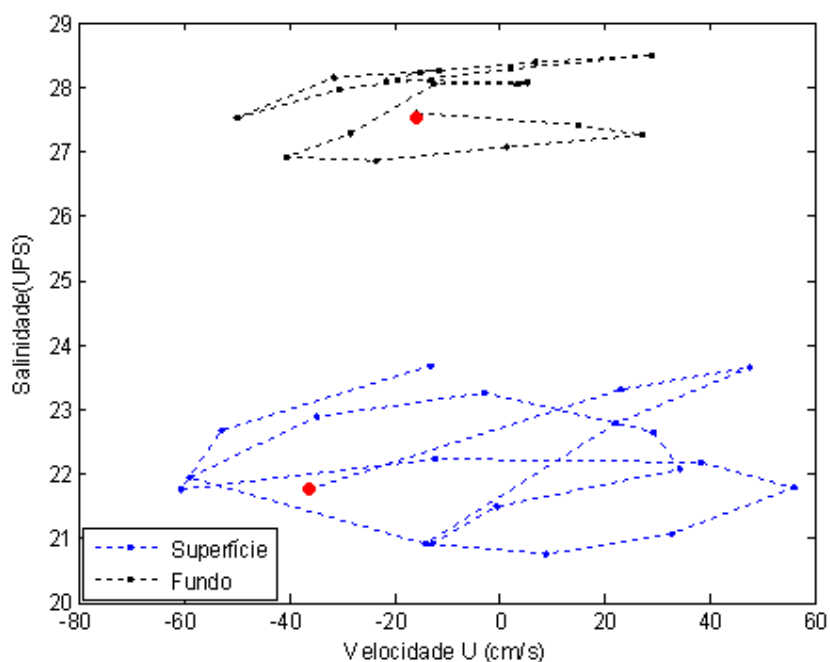


FIGURA 45: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO CANAL AO LONGO DE 20 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INÍCIO DO TRANSECTO.

Na superfície do Ponto Canal foram verificados os valores mais intensos da corrente no sentido de enchente, cerca de 60 cm s^{-1} (Figura 46). No entanto, longitudinalmente as forças ao longo da maré se anulam com uma resultante igual a zero. Já no fundo, encontra-se um padrão diferente, com a maioria das correntes mais fracas e no sentido ao interior da baía, tanto que a componente resultante encontra-se voltada para oeste (Figura 47).

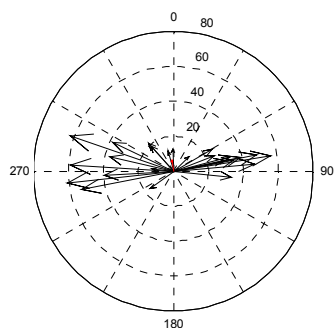


FIGURA 46: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO CANAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

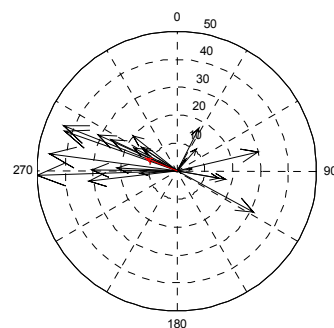
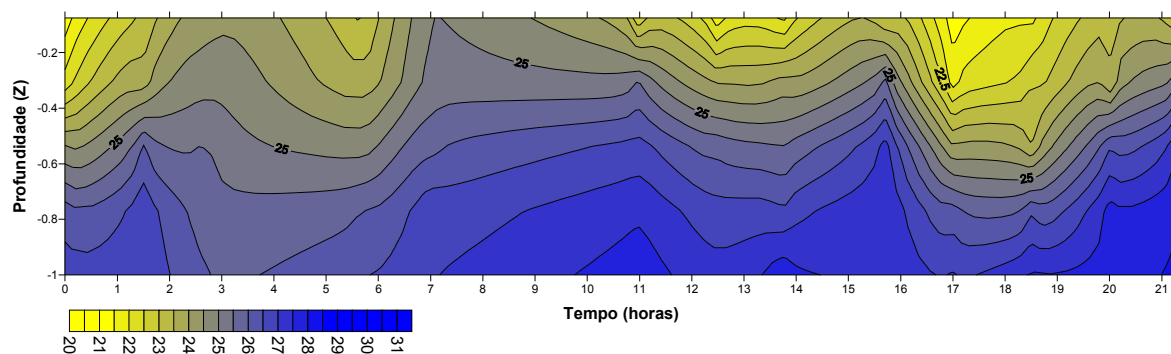


FIGURA 47: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO CANAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

5.5.1.3 PONTO ILHA DO MEL

No ponto Ilha do Mel as velocidades variam de $+80 \text{ cm s}^{-1}$ até -75 cm s^{-1} . Durante as marés de vazão e de enchentes a componente u é mais homogêneas em relação à profundidade. No entanto, nos períodos de estofa há uma grande heterogeneidade das velocidades e há um maior gradiente de salinidade da coluna d'água.

a)



b)

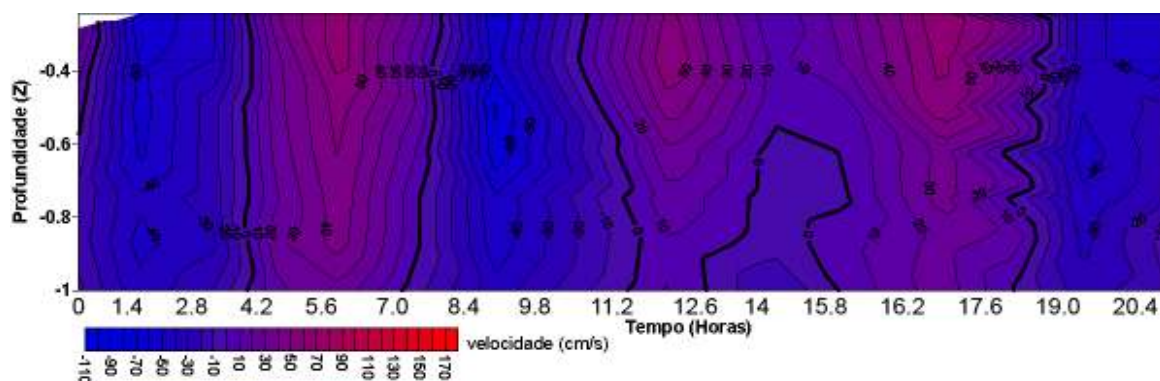


FIGURA 48: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U (B) DE VELOCIDADE PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. REFERENTE AO PONTO ILHA DO MEL.

A diferença de salinidade entre a superfície e o fundo pode ser notada tanto no gráfico das isopletas de salinidade (Figura 48 a) como na Figura 49, a qual relaciona a salinidade e a velocidade u , tanto na superfície quanto no fundo. Assim, fica claro como a salinidade acompanha os valores de correntes, mesmo não havendo muita variação por se tratar de uma maré de quadratura.

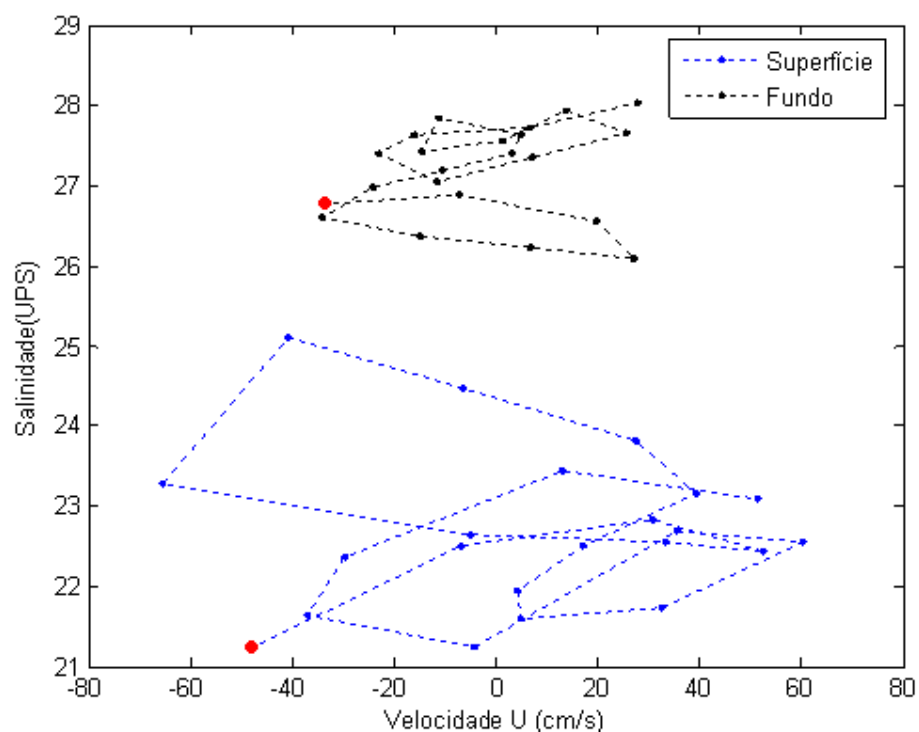


FIGURA 49: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO ILHA AO LONGO DE 20 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INÍCIO DO TRANSECTO.

No Ponto Ilha verifica-se que as correntes são mais intensas durante a maré vazante na superfície, podendo chegar a aproximadamente 80 cm s^{-1} , já na maré enchente são menos intensas, com valores menores que 60 cm s^{-1} (Figura 50). No fundo (Figura 51), por causa do atrito, as velocidades das correntes são menos intensas não chegando à metade quando comparados com as velocidades da superfície.

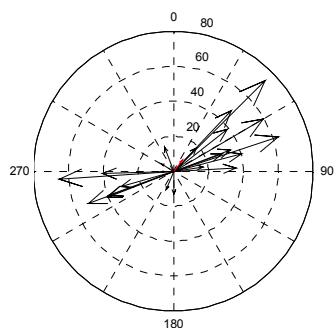


FIGURA 50: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO ILHA E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

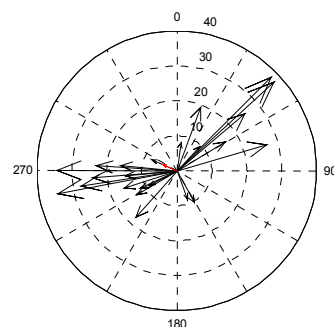


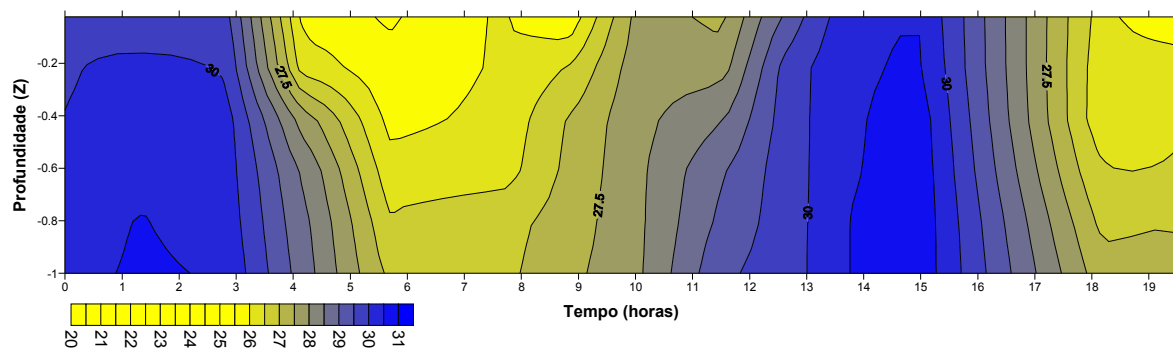
FIGURA 51: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO ILHA E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

5.5.2 MARÉ SIZÍGIA

5.5.2.1 PONTO PONTAL

Durante a maré de sizígia, neste ponto, a componente u da velocidade varia de -90 até 160 cm s^{-1} , com correntes praticamente homogêneas em toda coluna d'água. Como resultado das altas intensidades das correntes, quando por processos de turbulência, a coluna d'água ficou mais homogênea, variando mais nos momentos de estofas quando as correntes são mais lentas.

a)



b)

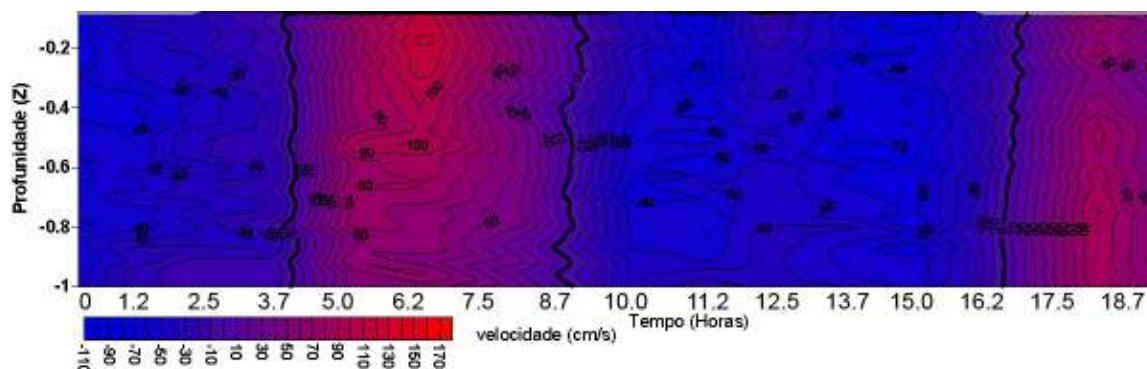


FIGURA 52: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U DE VELOCIDADE (B) PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. REFERENTES À PONTA DO POÇO.

A Figura 53 reflete a maior homogeneidade da coluna d'água no período de sizígia. Esta apresenta uma pequena diferença entre a salinidade da superfície e a de fundo. De acordo com esta figura notam-se também como as correntes de maré influenciam na salinidade do corpo d'água, variando de acordo com o ciclo de maré.

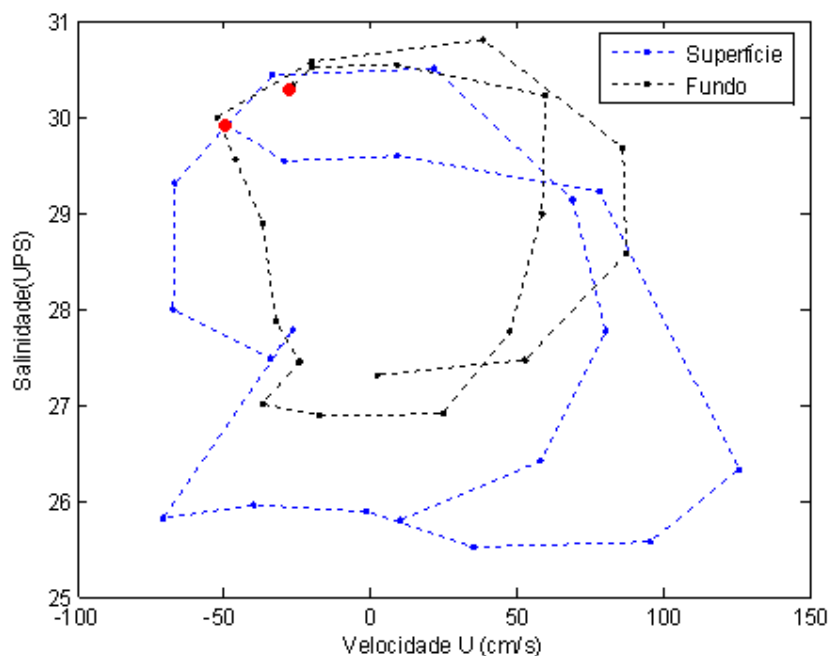


FIGURA 53: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO PONTAL AO LONGO DE 19 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INÍCIO DO TRANSECTO.

No Ponto Pontal, caracterizado por ser a região mais profunda do transecto, notou-se uma nítida diferença entre o comportamento das correntes no fundo e na superfície. Observa-se que a intensidade das correntes na superfície chegava a 130 cm/s, enquanto no fundo não ultrapassavam 90 cm/s.

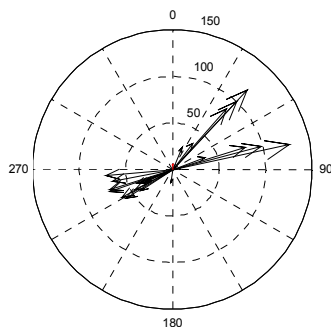


FIGURA 54: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO PONTAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

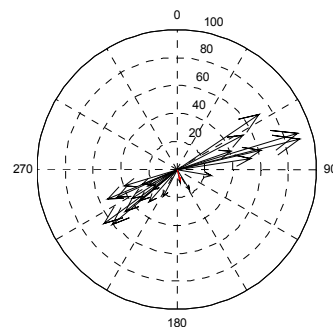


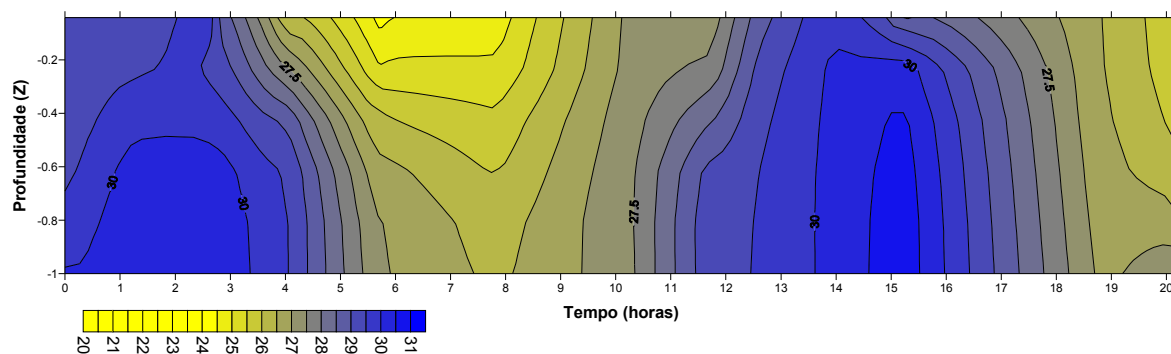
FIGURA 55: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO PONTAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

5.5.2.2 PONTO CANAL DA GALHETA

Durante a maré de sizígia, no canal navegável, a componente u da velocidade varia de -90 até 140 cm s^{-1} com variações dos valores de correntes na coluna d'água, nota-se como as maiores velocidades estão na superfície e associadas as águas menos salinas e com as maiores estratificações na coluna d'água ocorreram nos momentos de menor velocidade das correntes.

Neste ponto foram verificadas marés de enchente e vazante bem definidas, e a salinidade na coluna d'água também ficou mais homogênea.

a)



b)

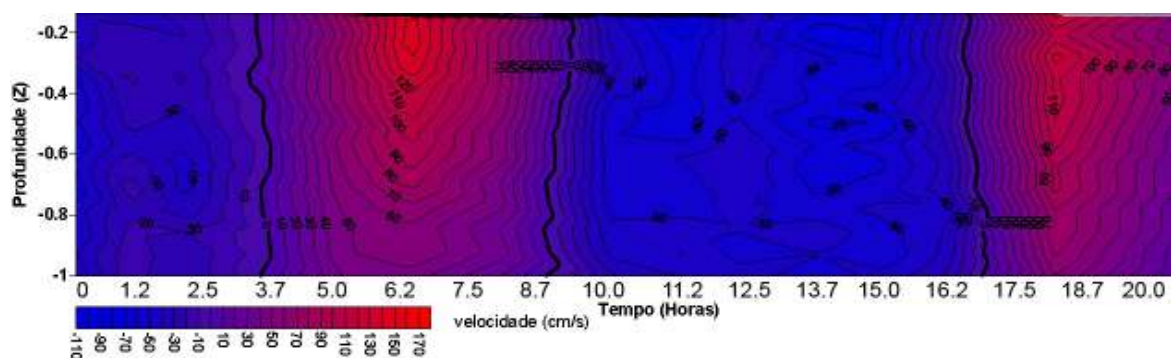


FIGURA 56: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U (B) DE VELOCIDADE PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. CANAL NAVEGÁVEL.

O comportamento da salinidade em relação às correntes pôde ser verificado se comparadas as duas, através do diagrama de fase (Figura 57). A partir deste fica em evidência como a composição da coluna d'água está em função das correntes. Os valores de estofas de maré, tanto preamar quanto baixa-mar, coincidem com altos e baixos valores de salinidade, respectivamente.

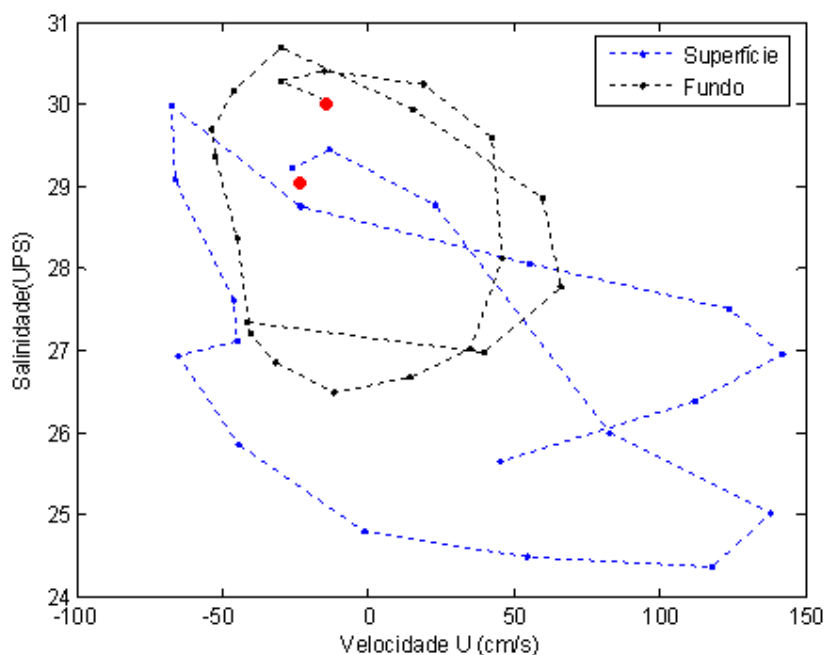


FIGURA 57: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO CANAL AO LONGO DE 20 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INÍCIO DO TRANSECTO.

No Ponto Canal, ao menos nas camadas mais superficiais, manteve-se o padrão do Ponto Ilha. As correntes mais intensas foram observadas nas vazantes e na superfície e chegando até a 150 cm s^{-1} . Já no fundo, nota-se que as correntes são mais fracas, inferiores há 60 cm/s , e há alta frequência destas correntes de enchente. Isso levou uma resultante direcionada ao interior da baía.

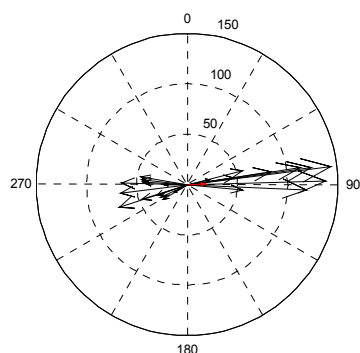


FIGURA 58: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO CANAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

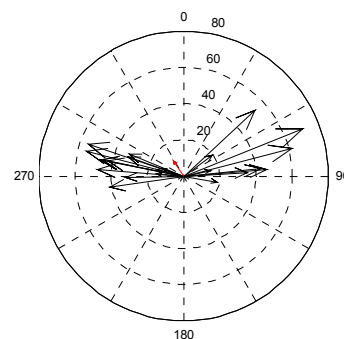


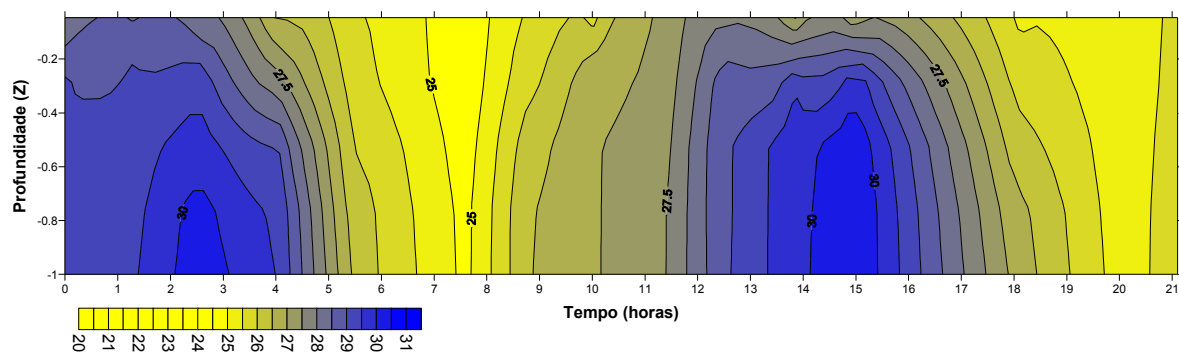
FIGURA 59: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO CANAL E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

5.5.2.3 PONTO ILHA DO MEL

Durante a maré de sizígia, no ponto da Ilha do Mel, a componente u da velocidade varia de -70 até 140 cm s^{-1} . Notam-se também poucas variações nos valores das correntes na coluna d'água, com as maiores variações nos períodos entre marés. Neste ponto foi onde as correntes de vazão foram mais intensas e as de enchente mais fracas.

Pelo padrão da distribuição de salinidade de acordo com o tempo, observa-se que esta região tem um maior fluxo de água menos salina, se comparada com os outros pontos.

a)



b)

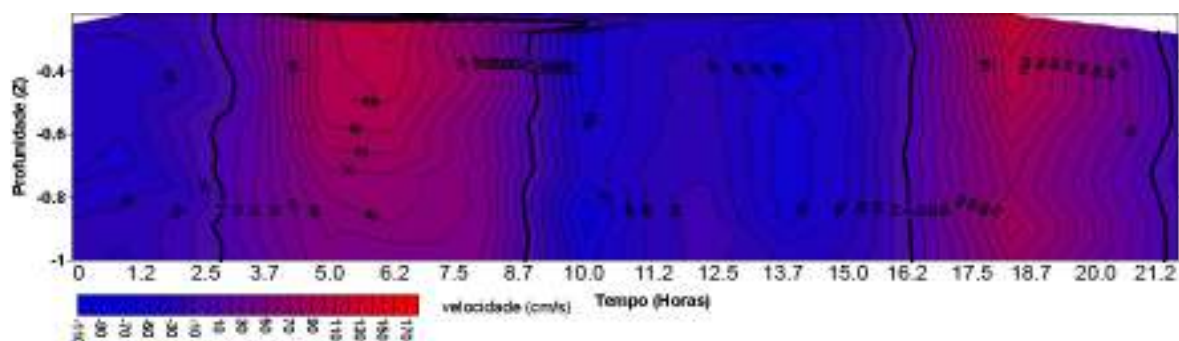


FIGURA 60: ISOLINHAS DE SALINIDADE EM RELAÇÃO AO CICLO DE MARÉ (A) E OS VALORES DA COMPONENTE U DE VELOCIDADE (B) PARA TODOS OS MOMENTOS DE MARÉ EM SUA PROFUNDIDADE ADIMENSIONAL. ILHA DO MEL.

O diagrama de fase para este ponto mostra como a salinidade de fundo (25 a 30 g/kg) varia mais que a salinidade na superfície (25 a 28 g/kg). Como nos outros pontos, verifica-se como a salinidade está em função das correntes locais.

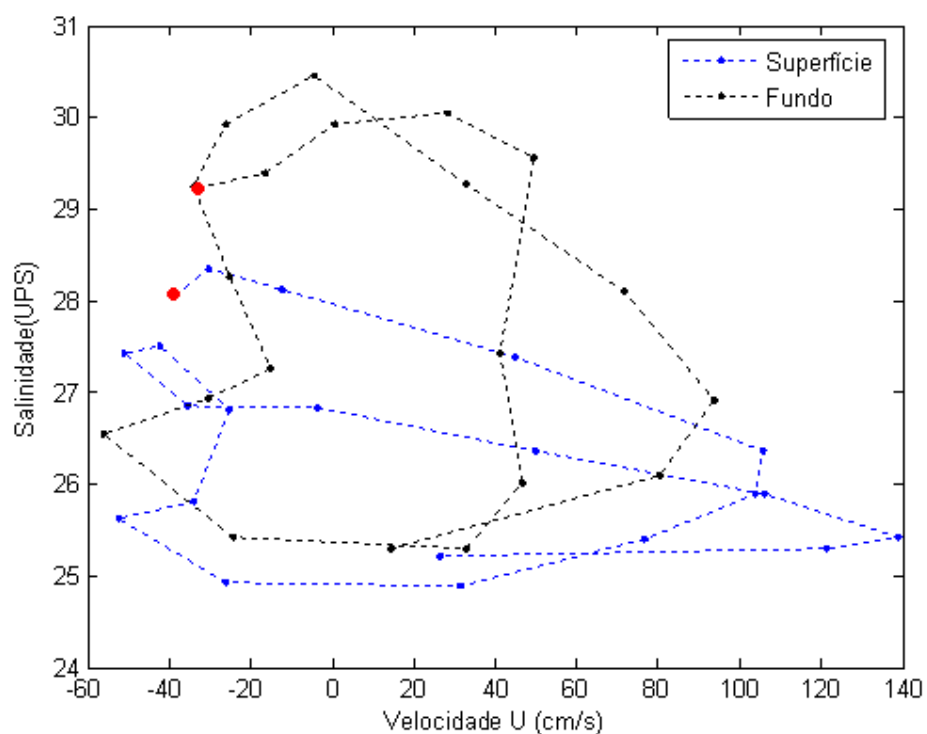


FIGURA 61: COMPONENTE LONGITUDINAL DE VELOCIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO) CONTRA SALINIDADE (SUPERFÍCIE E FUNDO), NO PONTO PONTAL AO LONGO DE 21 HORAS, ONDE O PONTO VERMELHO INDICA O INÍCIO DO TRANSECTO.

O Ponto Ilha em relação ao ciclo completo de maré, tanto na superfície quanto no fundo, apresentou valores de velocidade das correntes durante a maré vazante bem mais expressivo em relação à maré enchente. Uma vez que na vazante chegaram próximas a 150 cm s^{-1} e na enchente não passaram de 60 cm s^{-1} neste ponto. Através dos gráficos polares (Figuras 62 e 63), notam-se também como as correntes no fundo são menos intensas que na superfície.

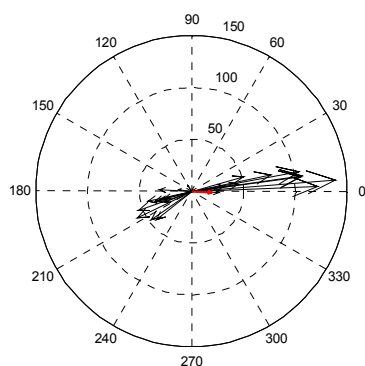


FIGURA 62: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE NO PONTO ILHA E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

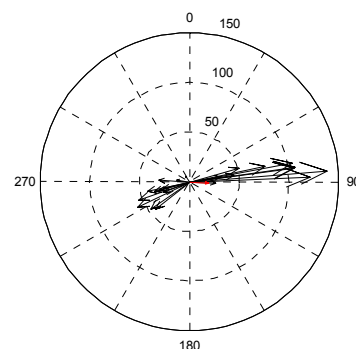


FIGURA 63: DIAGRAMA POLAR DAS CORRENTES DE FUNDO NO PONTO ILHA E EM VERMELHO O VETOR RESULTANTE DOS DADOS INTERPOLADOS.

5.6 RESULTADOS DE VAZÃO

5.6.1 MARÉ DE QUADRATURA

Os valores da área do transecto (m^2), a velocidade média, a descarga pela superfície, fundo e a descarga total em $m^3 s^{-1}$ foram dispostos na Tabela 8.

Para os momentos mais intensos de vazão, observaram-se os maiores volumes de água por segundo, um total de $-17467m^3 s^{-1}$ na vazante e para os momentos de enchente este volume total de $21272m^3 s^{-1}$.

Na Tabela 8, é possível verificar que quando a maré está vazando, o maior fluxo é pela superfície. Entretanto, quando a maré está enchendo, esta predominância se dá pelo fundo e nos momentos de estofas de maré, ou oscilações da maré de altas frequências, até uma inversão nos fluxos entre a superfície e o fundo.

TABELA 8: VALORES DA ÁREA DO TRANSECTO, VELOCIDADE MÉDIA DA CORRENTE, DESCARGA NA SUPERFÍCIE E FUNDO, E A DESCARGA TOTAL PARA O PERÍODO DE QUADRATURA.

Transecto	Área (m ²)	Média velocidade(m/s)	Descarga superfície(m ³ /s)	Descarga fundo(m ³ /s)	Descarga total(m ³ /s)
1	33671	0.16	-877.87	-224.44	-5446.5
2	35565	0.47	1473.6	2805	16771
3	17744	0.47	718.78	826.28	8284.5
4	35895	0.11	-381.12	-602.55	-3822.2
7	36398	0.58	2281.5	2806.3	21272
8	37396	0.39	-1843.4	-1730.5	-14696
9	37703	0.1	382.63	402.28	3866.7
10	37496	0.04	-296.67	595.99	1661.5
11	32158	0.44	-1553.8	-1469.2	-14047
12	35413	0.1	-863.39	79.853	-3618.4
13	35824	0.51	1729.7	2727.9	18232
14	36249	0.34	1686.6	1354.9	12409
15	35677	0.31	-1261	-1461.6	-10936
16	35788	0.49	-2092.2	-2311.8	-17467

A Figura 64 correlaciona a variável à altura da maré com o fluxo de água que passa pela sessão. A partir desta correlação, nota-se como a vazão está relacionada com a maré, sendo que, os valores positivos são referentes à água com sentido ao interior da baía e os valores negativos a água saindo do estuário. Como durante a maré de quadratura a maré oscila com alta frequência e baixa amplitude, os dados de vazão também apresentam estas oscilações, uma vez que o resultado de vazão observado é uma relação entre as correntes de maré enchente e vazante. Cabe ressaltar que neste período houveram vários momentos onde existiu um fluxo bi-direcional no sistema, criando assim vários momentos de descarga próximo a zero.

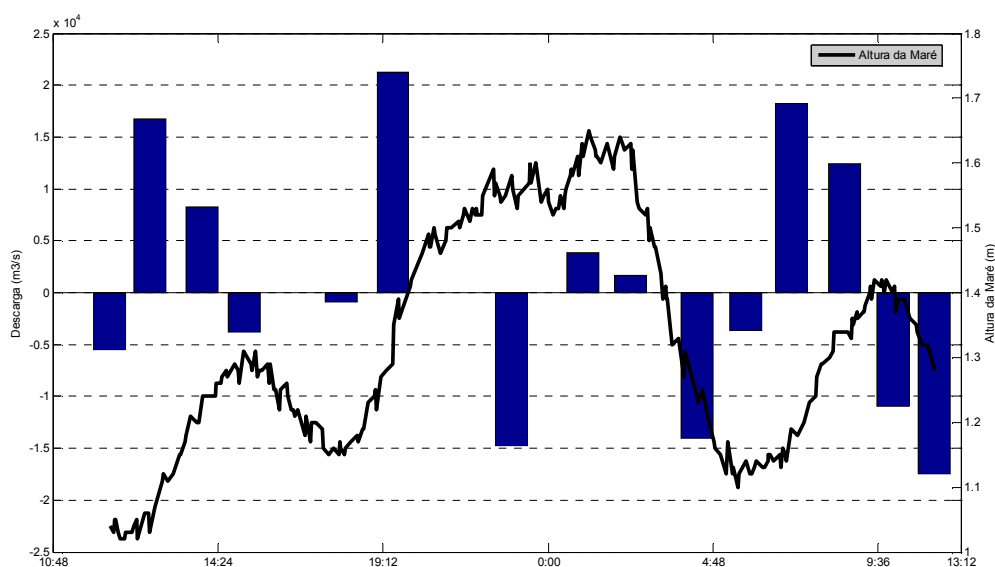


FIGURA 64: RELAÇÃO DA ALTURA DA MARÉ COM O VOLUME DE DESCARGA PARA O PERÍODO DE QUADRATURA.

5.6.2 MARÉ DE SIZÍGIA

Os maiores volumes de vazão foram observados no período de sizígia, com valores de $21874 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nos momentos de enchente e $-32685 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nos momentos de vazante. Os valores de descarga líquida são expressivos do modo que no estuário de Guaratuba, onde Marone *et al.* (2004) obtiveram valores líquidos para vazão, na boca do estuário de no máximo $9870 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na enchente e de $6446 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na vazante. É importante ressaltar que a baía de Guaratuba tem uma área de $50,19 \text{ km}^2$ contra 612 km^2 do CEP.

A Figura 65 deixa claro como o volume de água que passa pelo transecto está relacionada com a maré, uma vez que quanto mais forte ela atua maior é a vazão e em seus momentos de estofas a vazão é praticamente zero, a não ser pela circulação residual.

TABELA 9: VALORES DA ÁREA DO TRANSECTO, VELOCIDADE MÉDIA DA CORRENTE, DESCARGA NA SUPERFÍCIE E FUNDO, E A DESCARGA TOTAL PARA O PERÍODO DE SIZÍGIA.

Transecto	Área (m ²)	Média velocidade(m/s)	Descarga superfície(m ³ /s)	Descarga fundo(m ³ /s)	Descarga total(m ³ /s)
1	36047	0.44	1427.9	2355.8	15987
2	37408	0.33	1208.9	1623	12320
3	38316	0.26	862.88	1383.1	9864.4
4	38779	0.03	-297.82	23.379	-1177.7
5	38328	0.63	-2672.4	-3107.1	-24068
6	37543	0.87	-3800	-3694.2	-32685
7	34802	0.43	-1937.4	-1996	-14858
8	33871	0.51	1742.1	2418.7	17111
9	34739	0.44	1795	1948.8	15255
10	36193	0.33	1119	1736.1	11978
11	37555	0.5	1731.2	2720.6	18611
12	38392	0.57	2149.2	3155.3	21874
13	39758	0.28	964.66	1624.7	10935
14	35132	0.9	-3244.4	-4147.9	-31506
15	34648	0.06	-68.773	507.09	2005.5

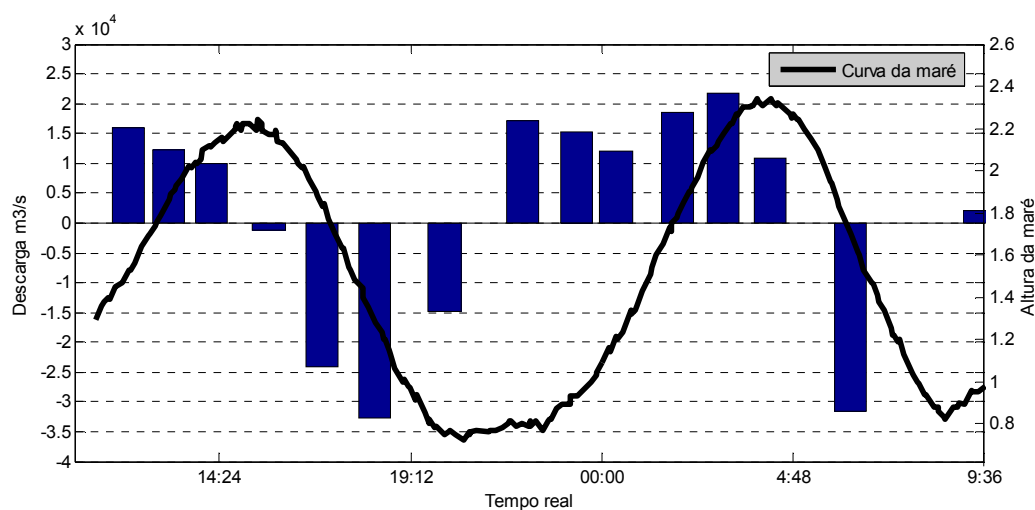


FIGURA 65: RELAÇÃO DA ALTURA DA MARÉ COM O VOLUME DE DESCARGA PARA O PERÍODO DE SIZÍGIA.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Os dados descritos neste trabalho são referentes a um período de maré de sizígia e a outro de quadratura. Estes ciclos de maré não puderam ser monitorados 24,8 horas por completo por problemas logísticos, entretanto são referentes a mais de 22 horas de amostragem, o suficiente para descrever estes ciclos de maré, uma vez que este é um ciclo semi-diurno alternado.

Assim, a estratificação apresentada neste trabalho está em função do equilíbrio entre a força restauradora do gradiente de densidade que tende a manter a estratificação e o efeito da turbulência gerado pelos gradientes de velocidade (MANN & LAZIER, 1996). A partir daí, comparando as figuras da velocidade com as figuras das isopletas de salinidade, nota-se como isto acontece. Nos instantes de estufa de maré quando as correntes são praticamente iguais a zero, há uma maior estratificação na coluna d'água. Já nos momentos que as marés enchentes e vazantes são mais intensas, observa-se uma maior homogeneidade na coluna d'água, sendo que durante a enchente a coluna d'água fica com suas médias de salinidade mais elevadas e em instantes de vazante menos salinas. Para explicar a estratificação da coluna d'água no período estudado, deve-se considerar que o período amostrado ocorreu durante o verão e com índices de precipitação acima do normal.

Os processos de estratificação halina e mistura vertical são extremamente dinâmicos. Estes são alterados tanto em escala horária, relativa ao ciclo da maré, quanto entre os ciclos de sizígia e quadratura em função da variação na intensidade das correntes de maré, quando a circulação gravitacional e a difusão turbulenta são processos importantes para o balanço de sal (ANGELOTTI, 2008). Assim a estratificação verificada no transecto apresentou-se muito dinâmica, motivo este que

está diretamente relacionado com a velocidade das correntes, alterando então de acordo com o estágio da maré e seu período de sizígia ou quadratura.

Na Baía da Todos os Santos onde as características são parecidas com a da Baía de Paranaguá, com profundidade média de 9,8 metros e range de maré de 1,86m no interior da Baía. Este estuário durante o período mais chuvoso encontra diferenças de salinidade entre a superfície e o fundo de até 4 g/kg (CIRANO & LESSA, 2007).

Em relação aos valores de temperatura encontrados, nota-se que seus valores ficam em torno de 27°C, estes padrões já tinham sido verificados por NOERNBERGER, 2001. Cabe ainda ressaltar que quase não houve diferença de temperatura entre a superfície e o fundo, e ainda mais se tratando de um período de verão, quando normalmente este gradiente é observado, indicando como os processos de homogeneização da coluna d'água são atuantes no local estudado.

Os valores da velocidade na maré vazante são mais intensos que na maré enchente (durante a maré de sizígia), o que já se esperava pelo comportamento da maré, uma vez que, o tempo durante a maré vazante é menor que na enchente e também pela morfologia do CEP, onde Angulo, 1999 já tinha classificado esta região como um delta de maré vazante. Esta característica da circulação já tinha sido aferida no relatório da FUNPAR (1997), com máximas de enchente entre 0,8 e 0,85 m s^{-1} e 1-1,4 m s^{-1} na vazante. MARONE et al., (1997) obtiveram valores na superfície para o Canal da Galheta entre 0,59 m s^{-1} na maré enchente e 0,97 m s^{-1} na maré vazante. MANTOVANELLI (1999), na região mais interna, também verificou valores de correntes mais intensas na maré vazante.

A região onde se encontraram os valores de velocidades mais intensos de maré enchente foi na Ponta do Poço, a região mais profunda do transecto. Motivo

pelo qual esta região é conhecida como um canal natural, que pelos valores significativos de suas correntes não deixa este canal assorear. Já na maré vazante, os valores mais intensos foram obtidos no meio do transecto, próximo ao canal de acesso ao Porto de Paranaguá. Como observado em outros trabalhos, os pontos de correntes de maré mais rápidos foram mais próximos à superfície durante a maré vazante e mais ao centro da coluna d'água durante a enchente.

Este trabalho também verificou uma circulação lateral de baixa intensidade nos momentos de estofos de maré no período de sizígia, com a parte mais próxima a ilha do Mel com correntes no sentido da vazante e nas áreas mais próximas a Pontal enchendo, motivo este o qual pode estar relacionado com as correntes de maré vazante que são menores mais próximas a Ponta do Poço.

Se compararmos a curva de maré do período de quadratura e sizígia, com as isopletras de salinidade e as da componente u da velocidade, nota-se que a oscilação da maré em relação à velocidade das correntes possui uma pequena defasagem de tempo. Isto, segundo Hunt (1964), ocorre em estuários parcialmente misturados por causa da perda de energia da onda de maré ao entrar no estuário principalmente pelo atrito.

Em relação ao volume d'água que passa por esta região são valores muito expressivos. O número de descarga total em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ está em função das correntes e da área amostrada, logo como a área é a mesma para os períodos de sizígia e quadratura e como a amplitude de maré é maior na maré de sizígia, os valores de descarga na sizígia valores são maiores que no período de quadratura. Deve-se esperar que este volume d'água esteja acima das condições normais do resto do ano, isto devido à alta pluviosidade.

E comparando os dados de sizígia e quadratura, observa como o padrão de circulação do CEP está em função do comportamento da maré, ou seja, quanto maior a amplitude de maré mais fortes são as correntes de maré, influenciando assim toda estrutura da coluna d'água como foi descrito no presente estudo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANGELOTTI, R. **Variabilidade da pluma e da estratificação termo-halina na desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá e plataforma continental adjacente.** 152 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2008.

ANGULO, R.J. 1999. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the State of Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n.4-II. p. 935-959.

BÉRGAMO, A. L. **Características da hidrografia, circulação e transporte de sal: Barra de Cananéia, sul do mar de Cananéia e Baía do Trapandé.** 254 p. Dissertação de Mestrado. Instituto oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2000.

BIGARELLA, R. J.; BECKER, R. D.; de MATOS, D. J.; WERNER, A. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná: Um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional).** Curitiba: governo do estado do Paraná, Secretaria de Estado do Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA), 1978.

BRASIL. **Constituição 1988.** Lei nº7.661. Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004.

CARTER, R. W. G. 1988. **Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines.** London: Academic Press. 617 p.

CIRANO, M.; LESSA, G.C. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica.** 2007

DAY JR. J. W., HALL C. A., KEMP W. M., YÁÑEZ-ARANCIBIA A. 1989. **Estuarine Ecology**, John Wiley & Sons, 558 p.

DNM. **Normais climatológicas (1961-1990).** Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária - Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84p.

FUNPAR. 1997. **Correntes, parâmetros oceanográficos e ondas.** Curitiba. Convênio:APPA e CEM. Relatório Técnico.

KETCHUM, B. H. 1983. Estuarine Characteristics. *In: Estuaries and enclosed seas* (Ecosystems of the World). Ketchum, B. H. (ed.), Amsterdam, Elsevier Scientific Pub. P:1:-14.

KJERFVE, B. 1990. Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems. **UNESCO/UNDF** Regional Project "Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific" (RAS/79/002 e RAS/86/120), 79 p.

KNOPPERS, B. A.; BRANDINI, F. P.; THAMM, C. A. 1987. Ecological studies in the bay of Paranaguá. Some physical and chemical characteristics. **Nerítica**, Curitiba, 2, p. 1-36.

KREEKE, J.v. Dispersion in Shallow Estuaries. In: Björn Kjerfve. **Hydrodynamics of Estuaries**, Volume I. United States: CRC press, 1988, p.27-41

LANA, P. C., MARONE, E., LOPES, R. M., MACHADO, E. C. 2000. The estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. *In: Ecological Studies, Coastal and Marine Ecosystems of Latin America*. Seeliger, U. & Kjerfve, B. (eds.), Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 144 p. P:131-145.

LAMOUR, M. R. **Morfodinâmica sedimentar da desembocadura do complexo estuarino de Paranaguá – PR**. 177 p. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MANN, K. H.; LAZIER, J. R. N. **Dynamics of marine ecosystems**. London: Blackwell Science, 1996. 393 p.

MANTOVANELLI, A. 1999. **Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem**. 152 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

MARONE, E.; NOERNBERG, M.A.; DOS SANTOS, I.; LAUTERT, L.F.C.; ANDREOLI, O.R.; BUBA, H. & FILL. H.D., 2006. Hydrodynamic of Guaratuba Bay PR, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 39 Itajaí, SC Brazil. 2006

MARONE, E.; MANTOVANELLI, A.; NOERNBERG, M. A.; KLINGENFUSS, M. S.; LAUTERT, L. F. C.; PRATA JUNIOR, V. P. Caracterização física do complexo estuarino da Baía de Paranaguá - **Relatório consolidado do convênio APPA/CEM**. Pontal do Paraná: UFPR. v. 2. 1997.

MARONE, E.; GUIMARÃES, M.R.F. **Oceanografia Física com ênfase em ambientes estuarinos**. 1995

MARONE, E.; JAMIYANAA, D. Tidal characteristics and a numerical model for the M2 tide at the Estuarine Complex of the Bay of Paranaguá, Paraná, Brazil. **Nerítica**. Curitiba, n. 11, p. 95-107, 1997.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. & Kjerfve, B. 2002. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo, EDUSP. 424 p.

NETTO Jr, J. P. B. **Características da dinamica hidrica e estratificação do subestuário de Guaraqueçaba (Complexo estuarino de Paranaguá – Brasil) durante um ciclo de maré de sizígea**. Monografia.Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2005

NOERNBERG, M. **Processos Morfodinâmicos no complexo estuarino de Paranaguá – Paraná – Brasil: um estudo a partir de dados *in situ* e Landsat-TM**. 142 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001

O OCEANO nosso futuro. 1999. Comissão mundial independente sobre os oceanos. **Relatório**. Rio de Janeiro. 247 p.

PROJETO INSTITUTO DO MILÊNIO. 2006. Disponível em:
<<http://www.institutomilenioestuarios.com.br/zonacosteira.html>>. Acesso em:
12/12/2008.

SONTEK®. 2005. **RiverSurveyor System Manual**. Software Version 4.30. Son Tek a YSI Environmental Company. USA. 190p

SOUZA, A. J. ; SIMPSON, J. H. The modification of tidal ellipses by stratification in the Rhine ROFI. In **Continental Shelf Research**, Vol. 16, No. 8, pp. 997-1007. 1996

SURFER® 8. 2002. **User's Guide**. Contouring and 3D Surface Mapping for Scentists and Enginners. Golden Software, Inc. USA. 640p

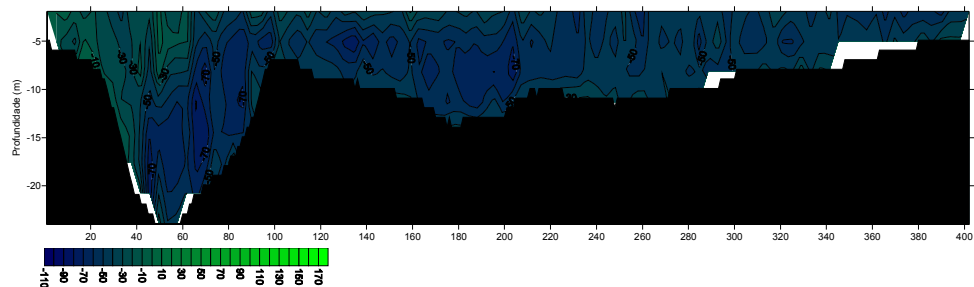
YANAGI, T. 1976. Fundamental study on the Tidal Residual Circulation. **Journal of the Oceanographical Society of Japan**. Vol. 32, pp 199 to 208.

WILSON, E.R. Dynamics of Partially Mixed Estuaries. In: **Björn Kjerfve. Hydrodynamics of Estuaries, Volume I.** United States: CRC press, 1988, p.1-17

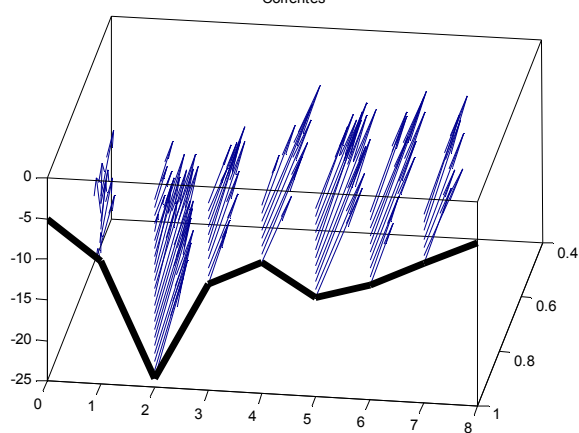
ANEXOS

CORRENTES DE QUADRATURA

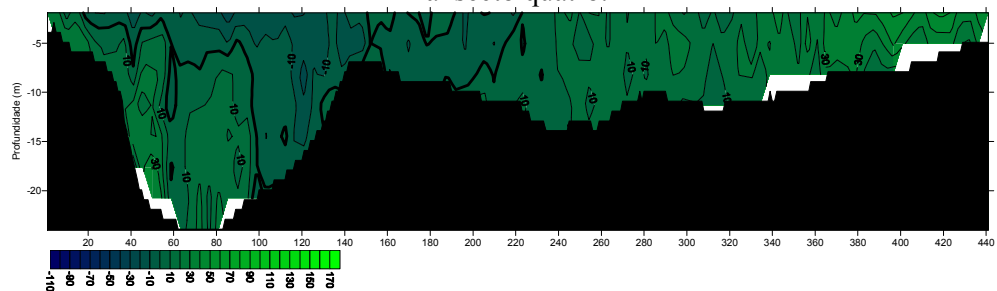
Transecto dois.

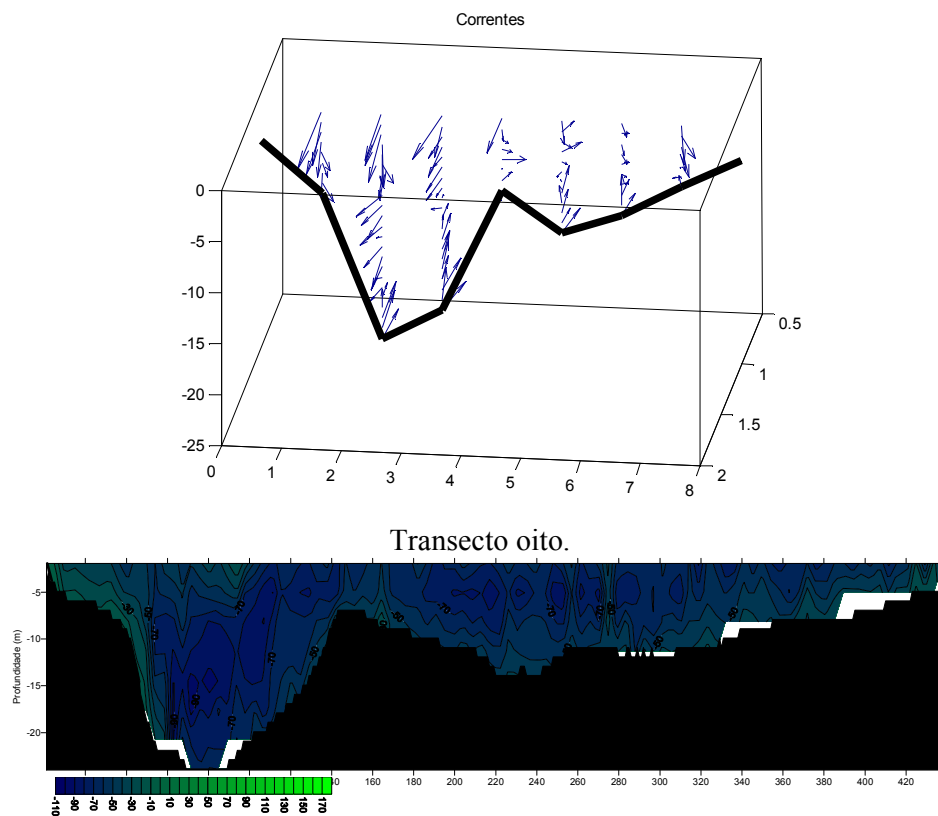
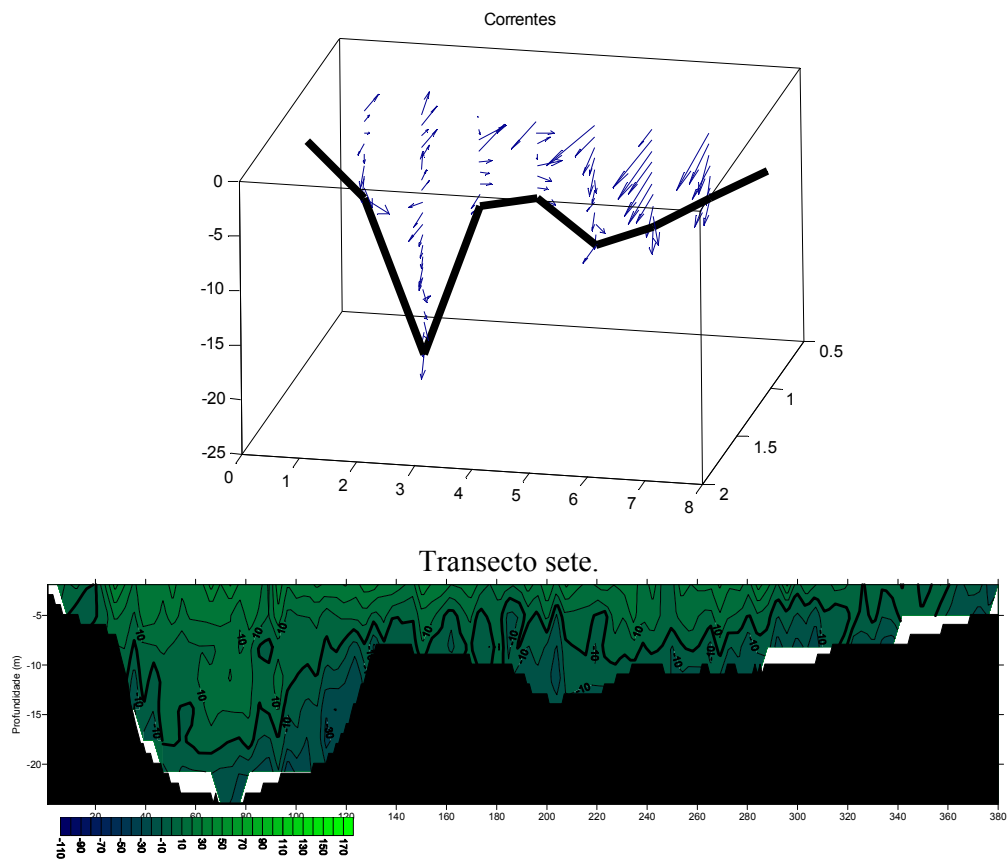


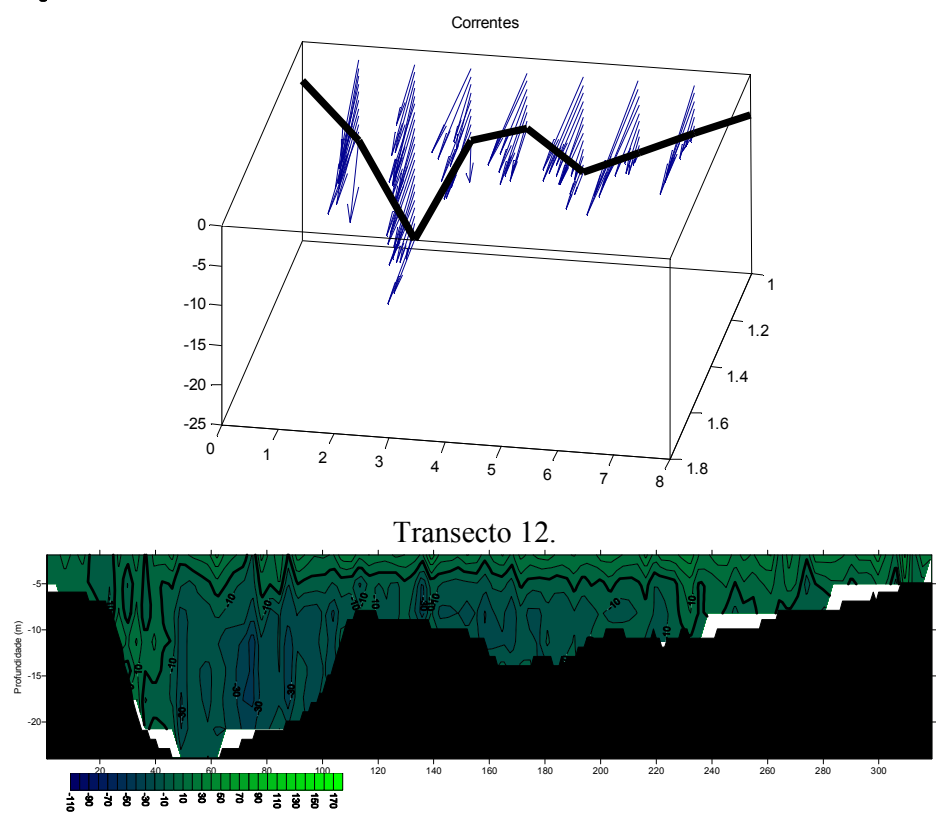
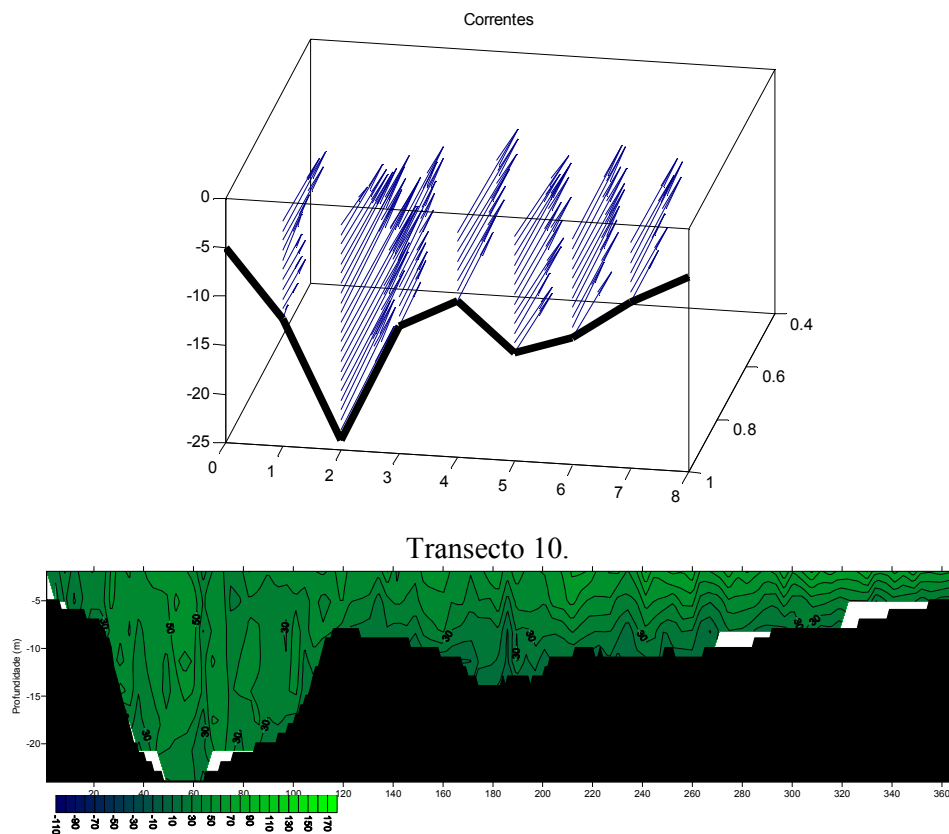
Correntes

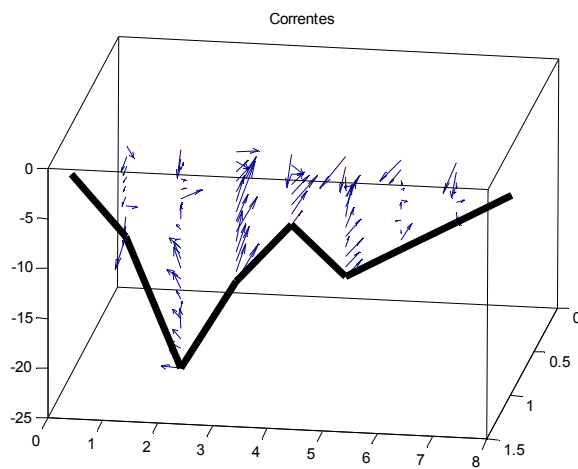


Transecto quatro.

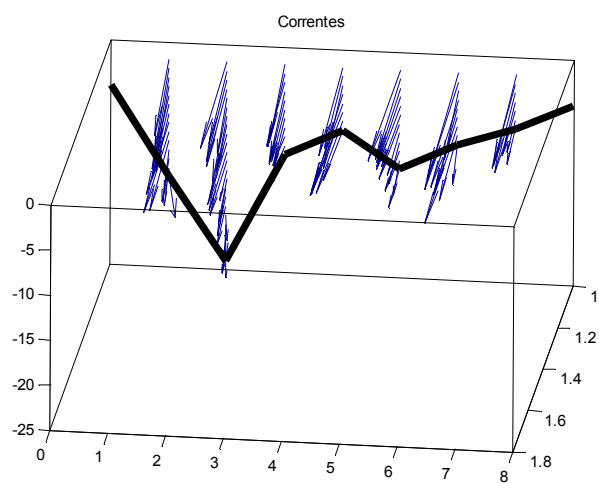
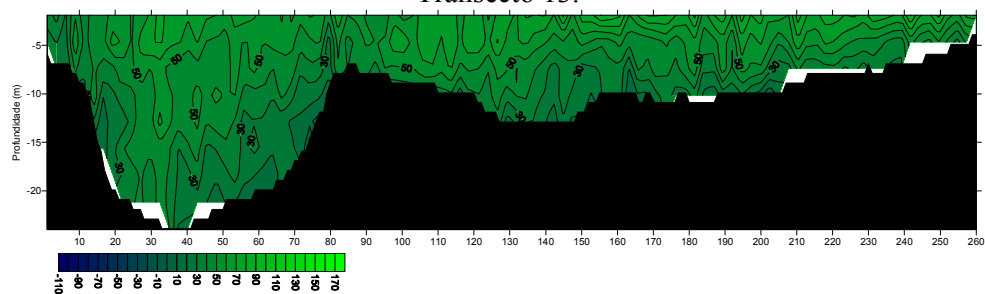




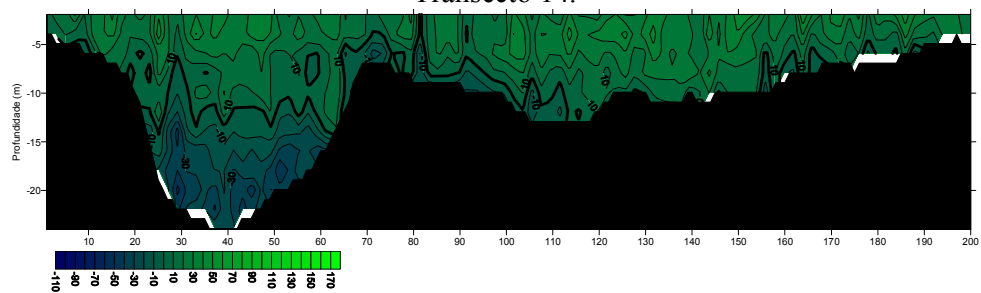


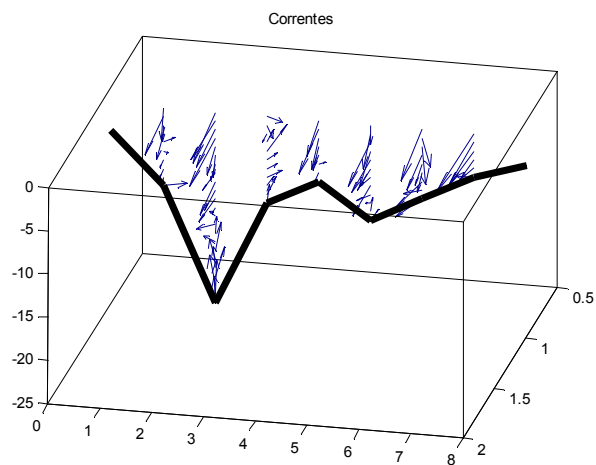


Transecto 13.

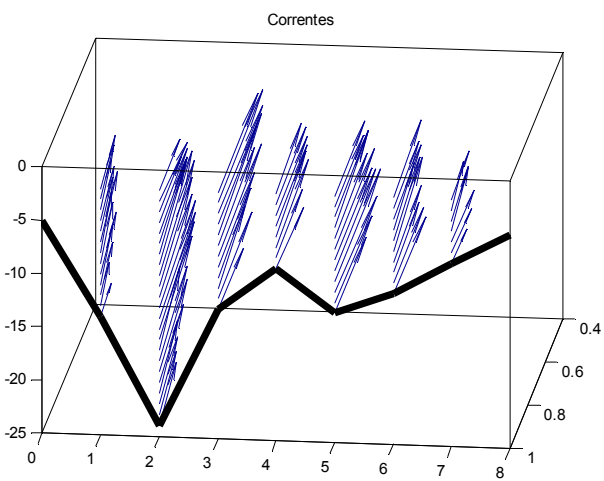
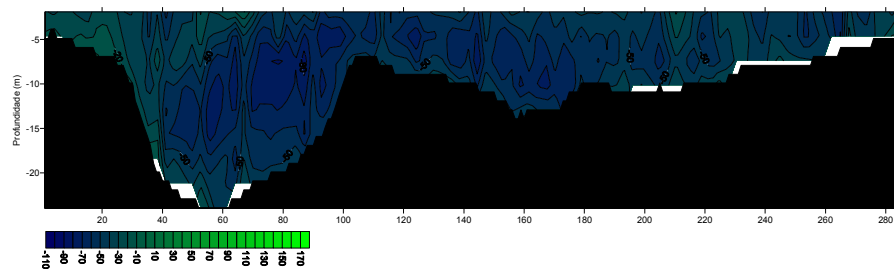


Transecto 14.

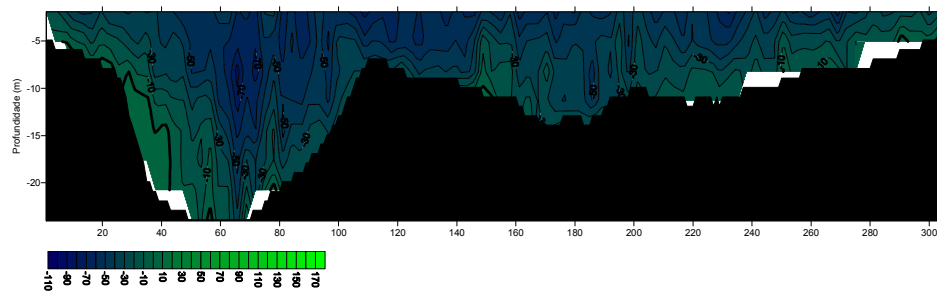


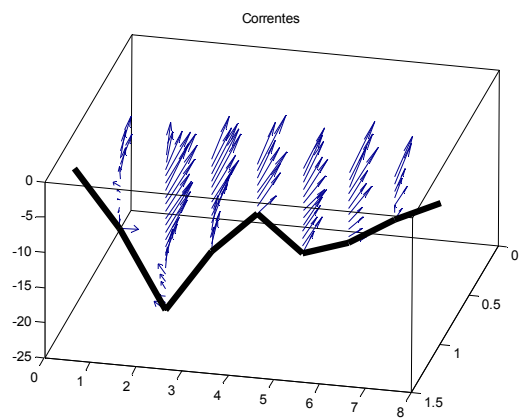


Transecto 15.

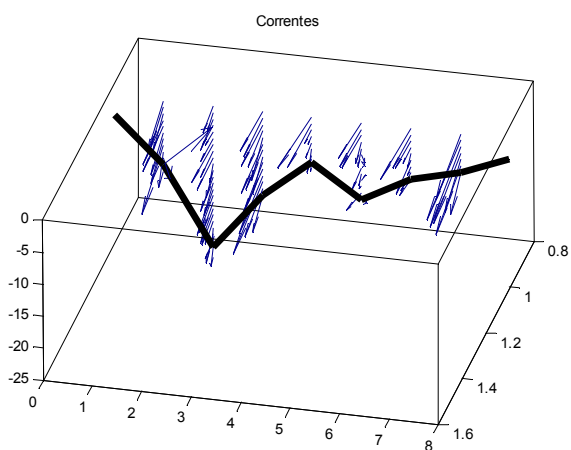
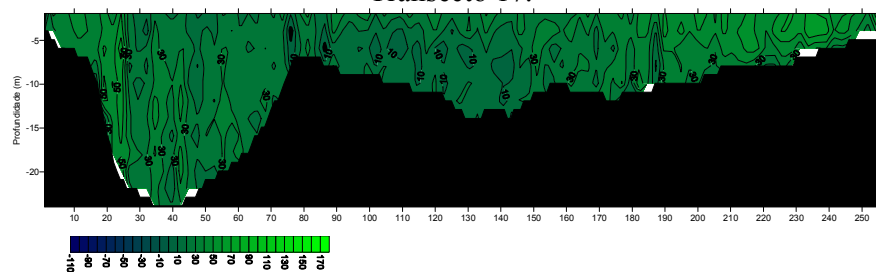


Transecto 16.



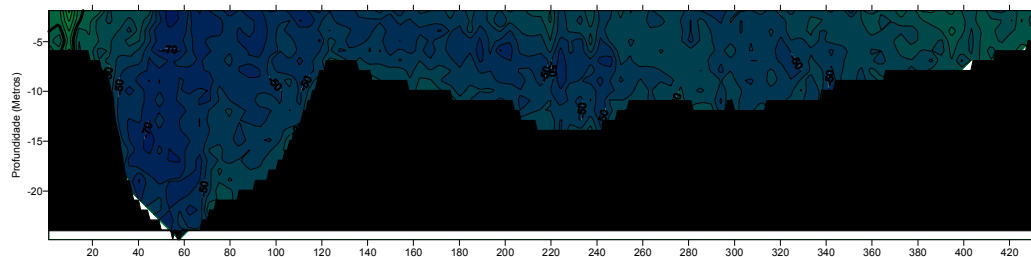


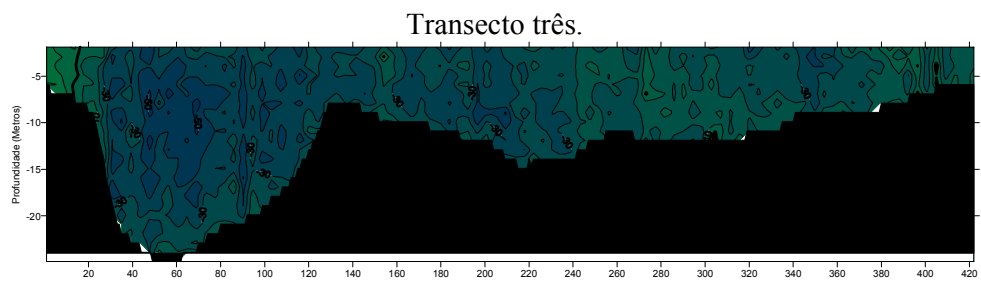
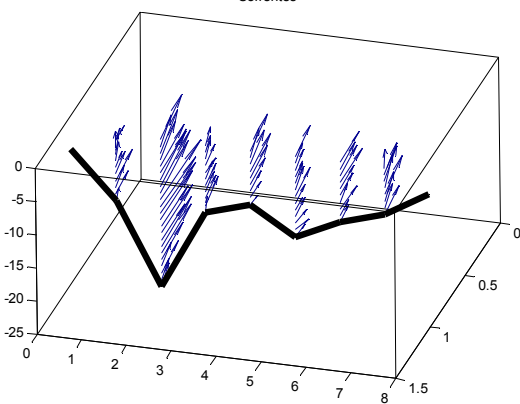
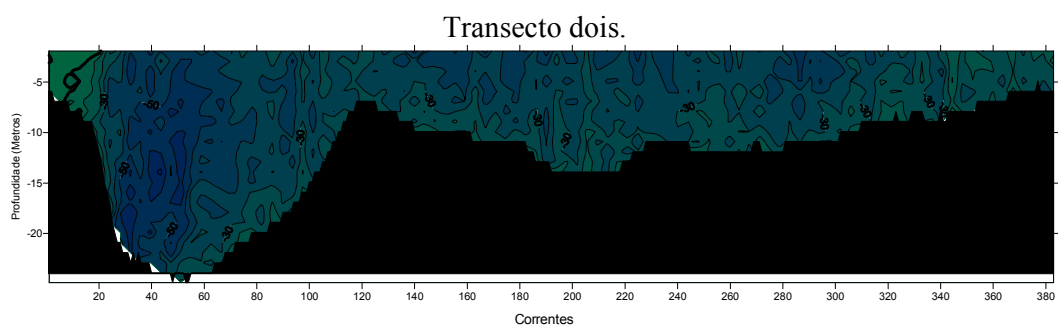
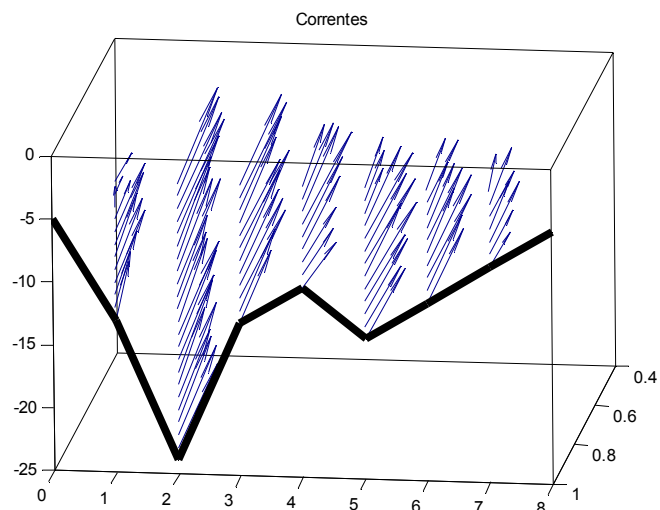
Transecto 17.

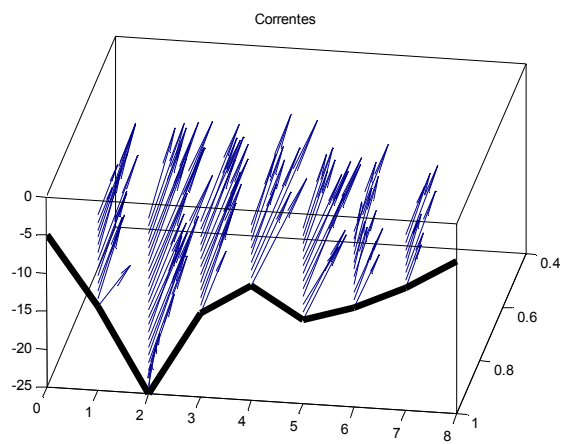


CORRENTES DE SIZÍGIA

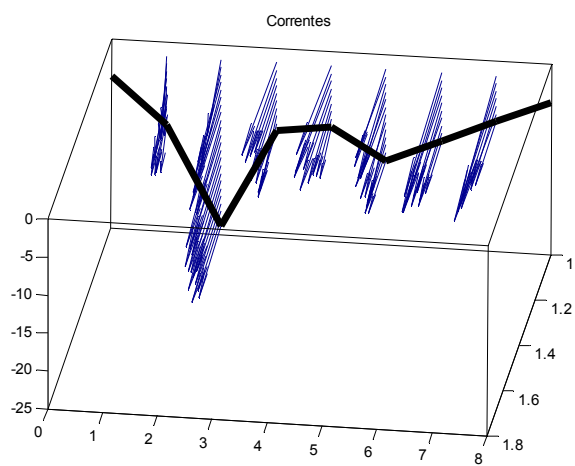
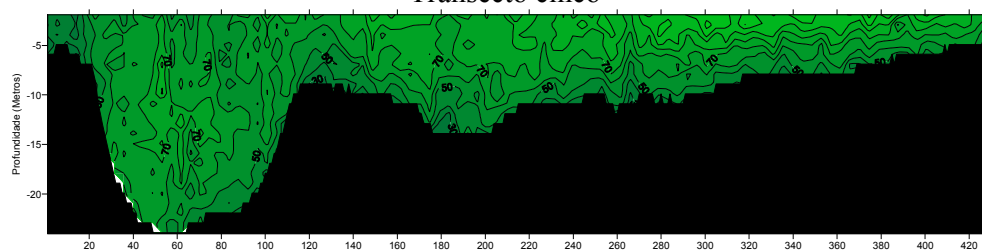
Transecto um.



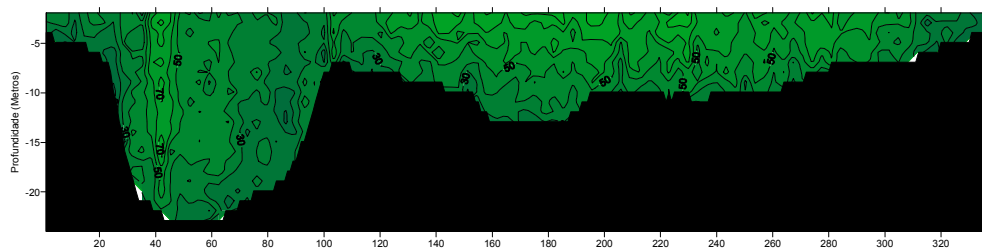


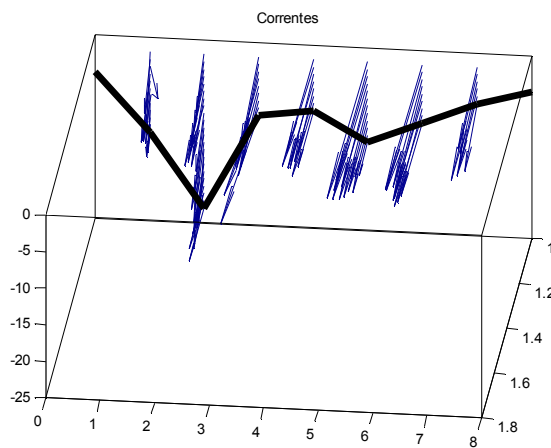


Transecto cinco

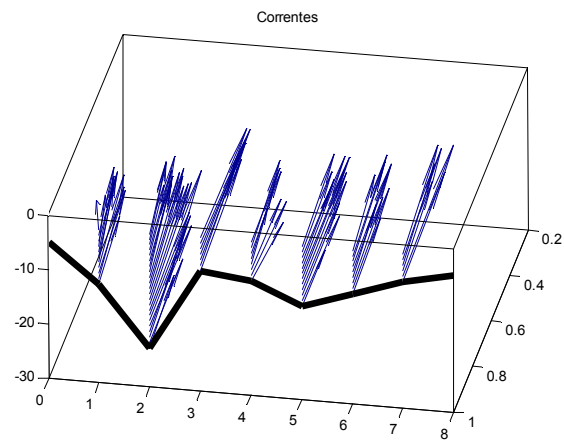
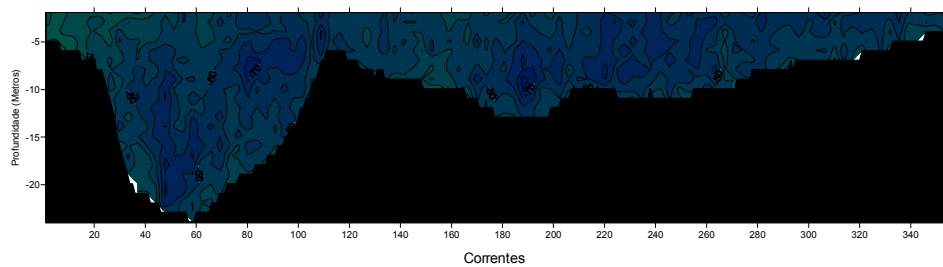


Transecto sete.

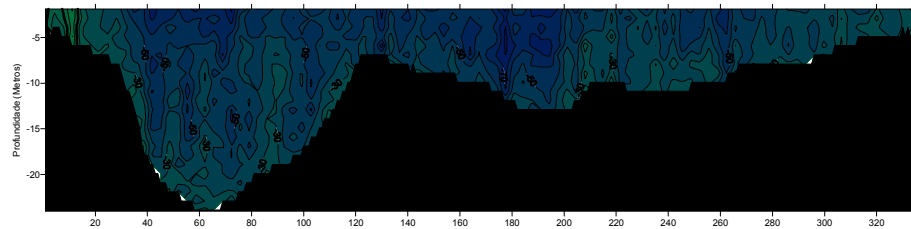


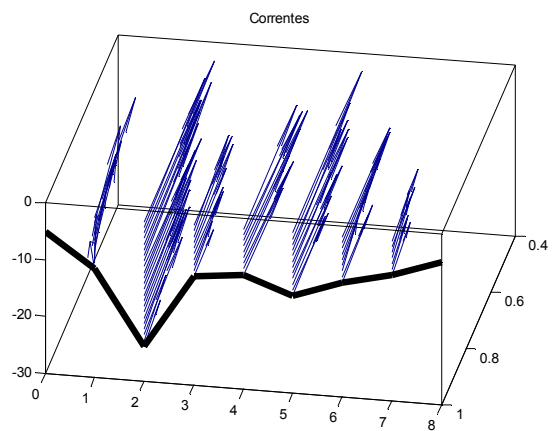


Transecto oito.

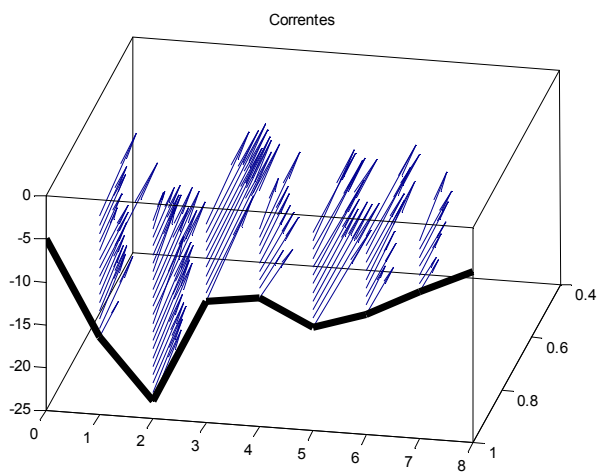
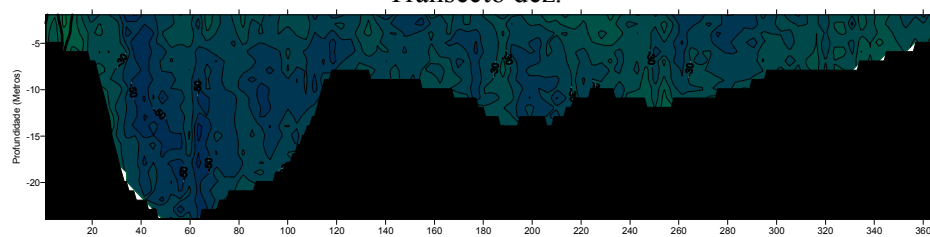


Transecto nove.

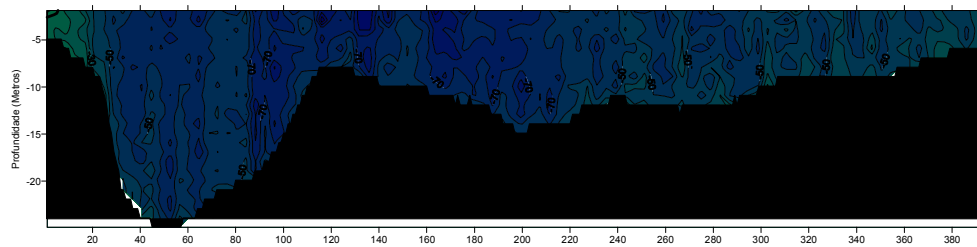


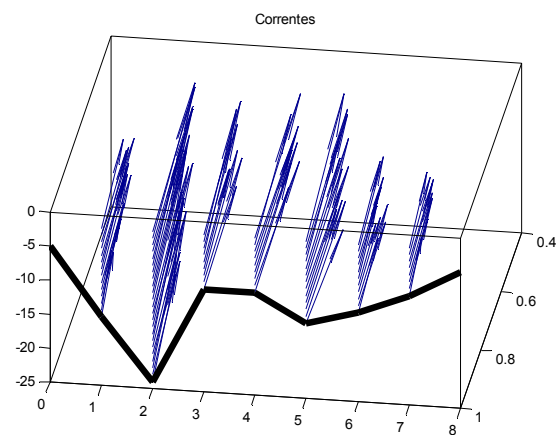


Transecto dez.

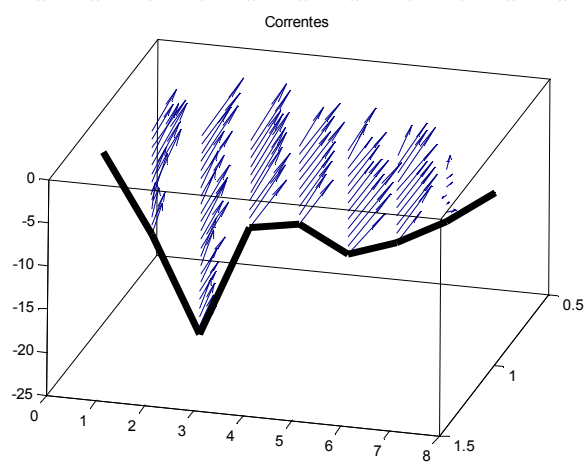
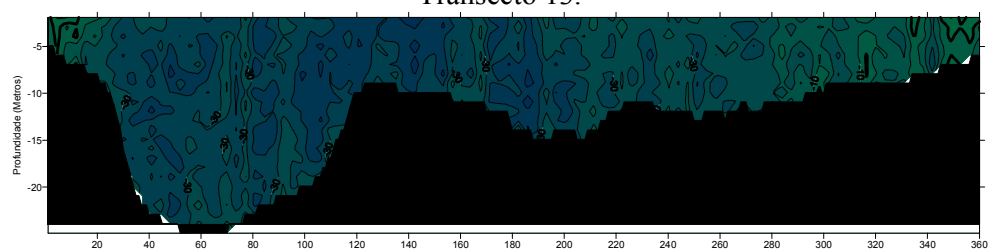


Transecto 12.

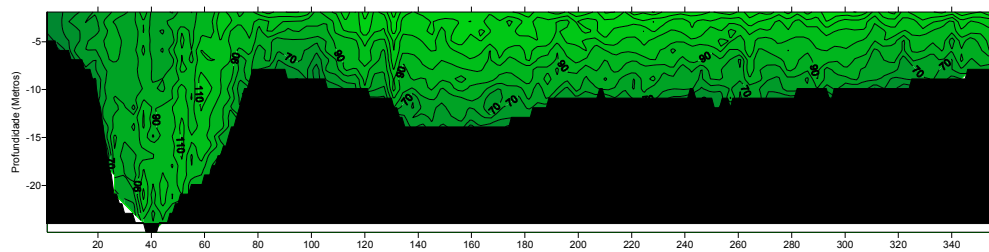


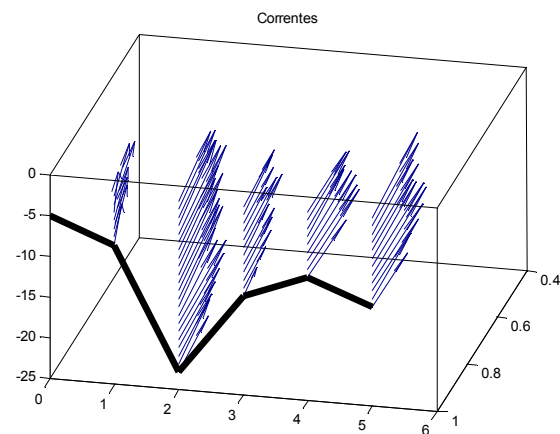
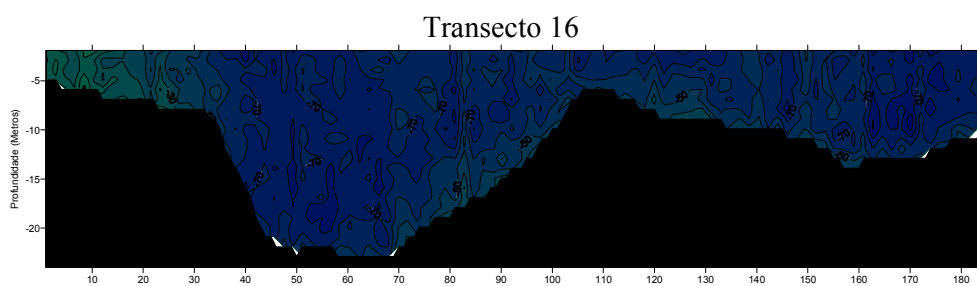
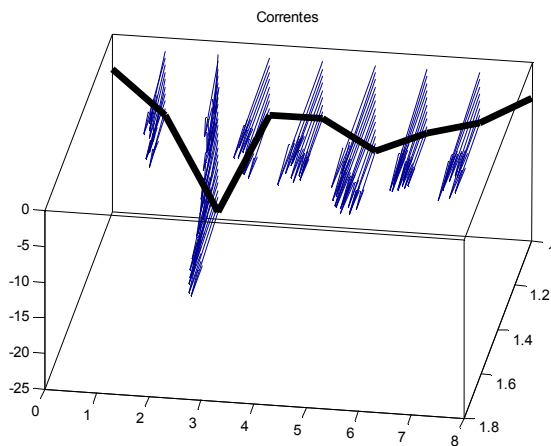


Transecto 13.

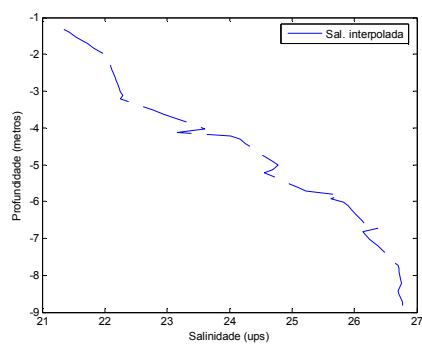
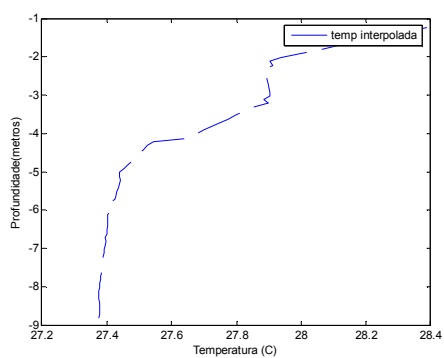


Transecto 14.

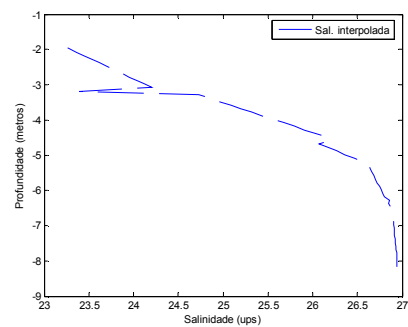
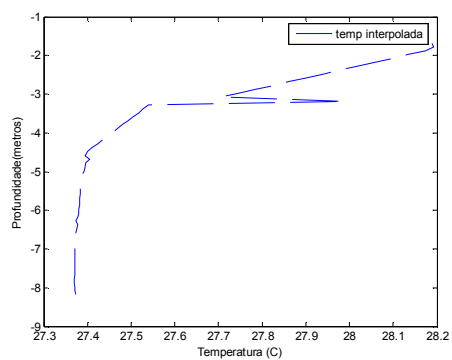




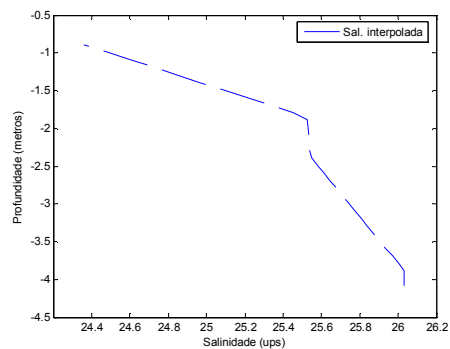
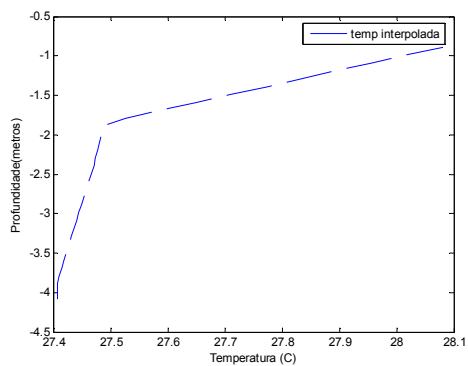
SALINIDADE E TEMPERATURA Ponto Ilha/ QUADRATURA Perfil 1



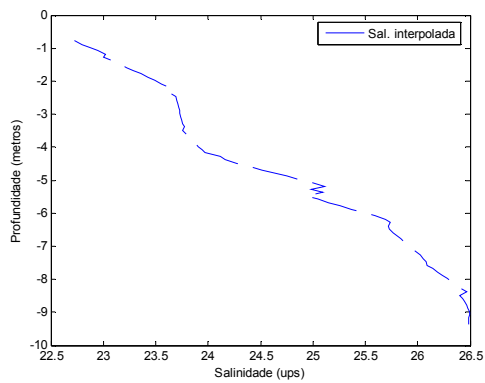
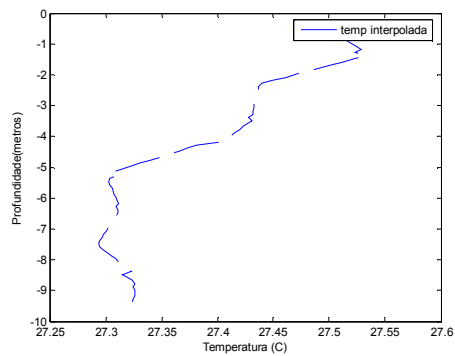
Perfil 2.



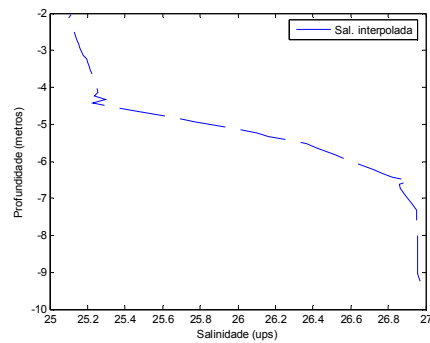
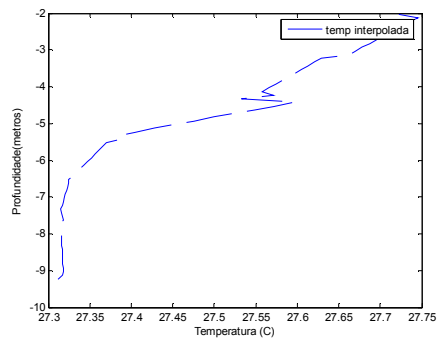
Perfil 3



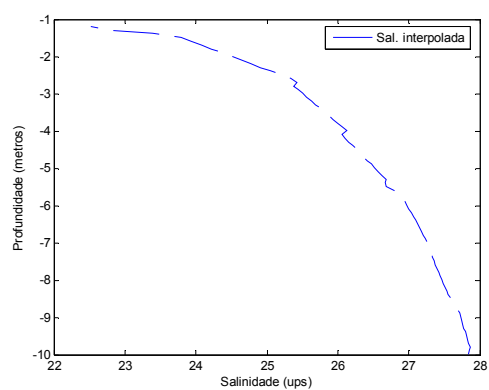
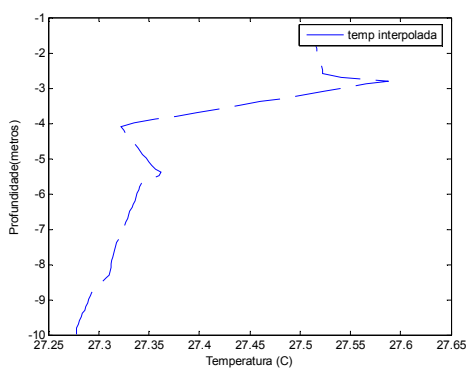
Perfil 4.



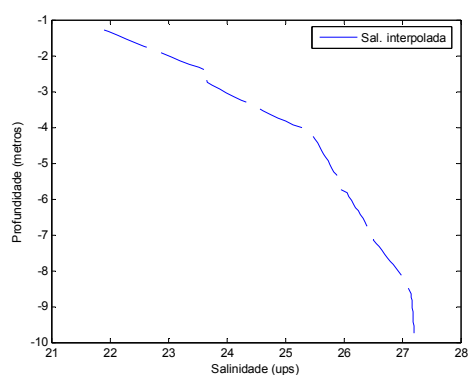
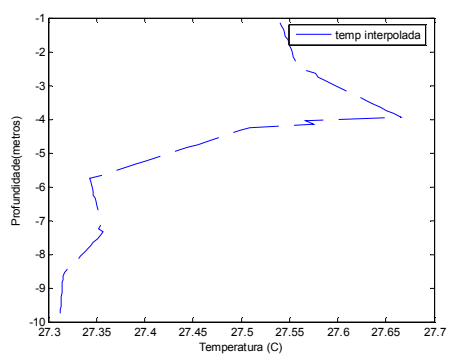
Perfil 5.



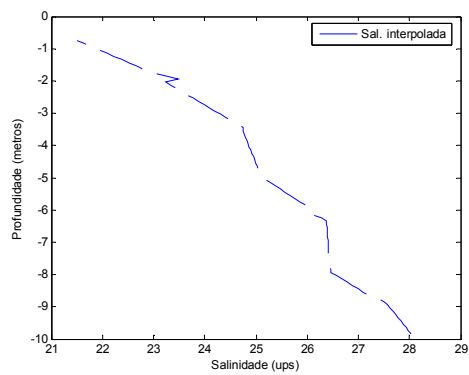
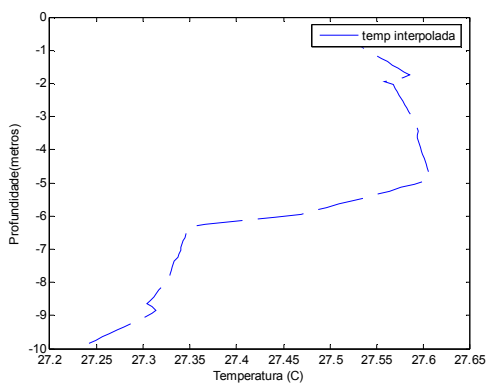
Perfil 6.



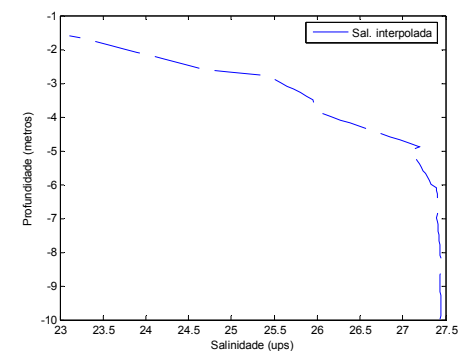
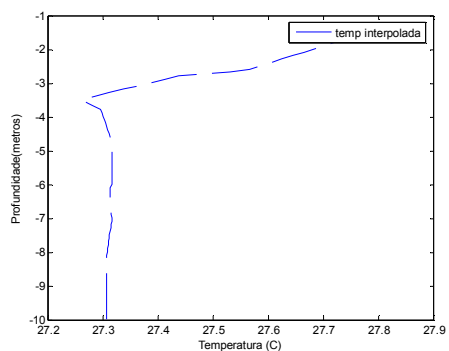
Perfil 7.



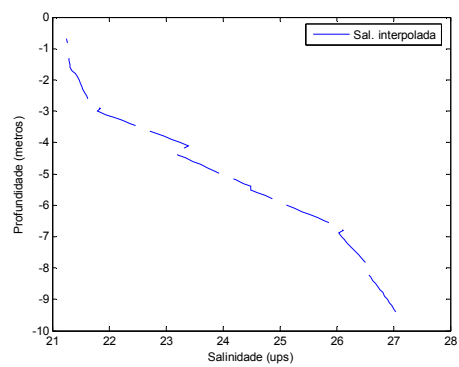
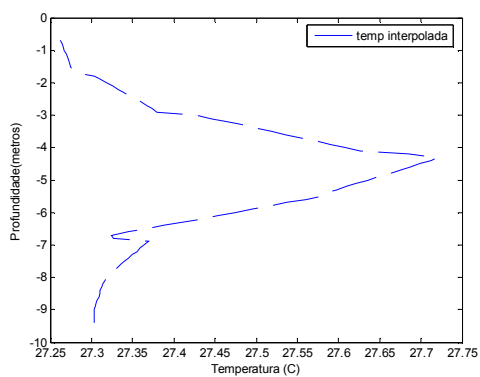
Perfil 8



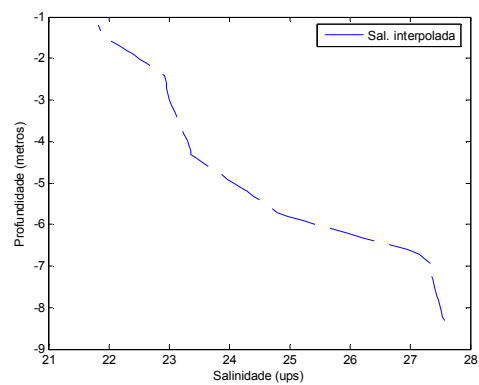
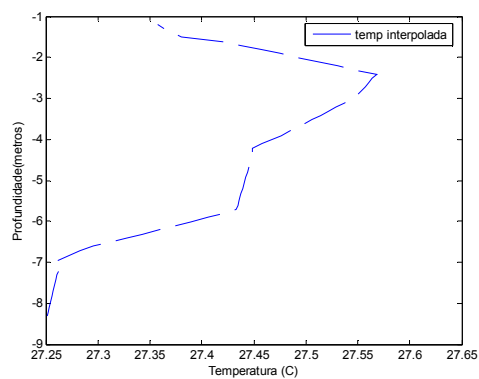
Perfil 9



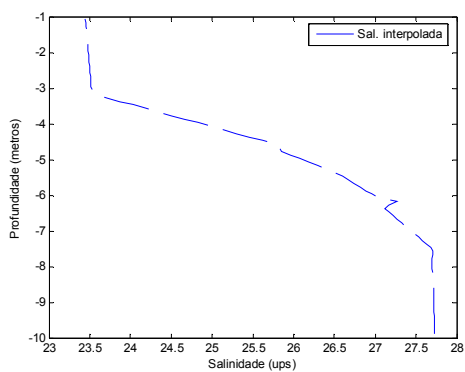
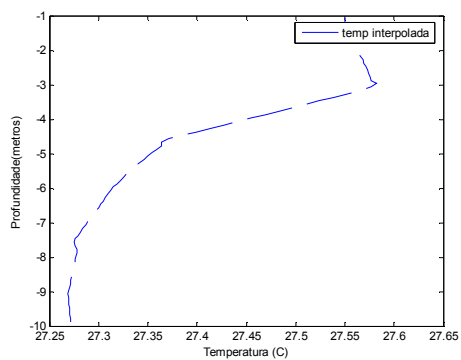
Perfil 10.



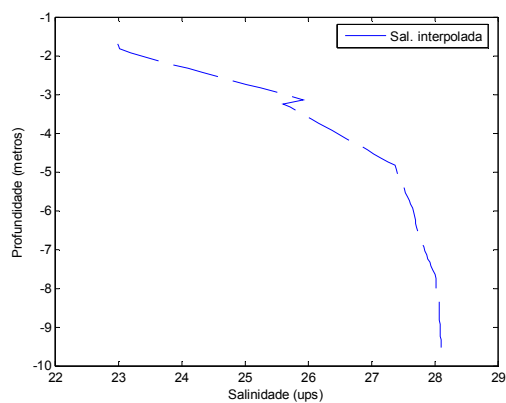
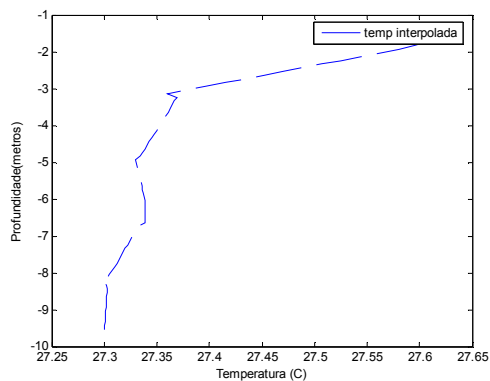
Perfil 11.



Perfil 12

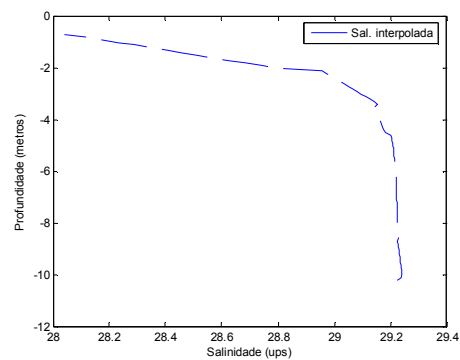
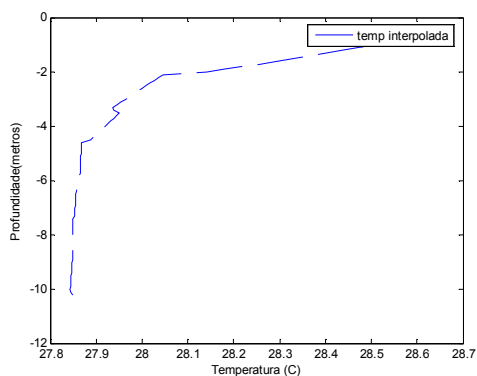


Perfil 13

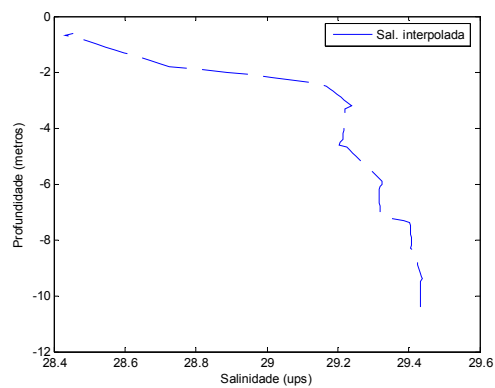
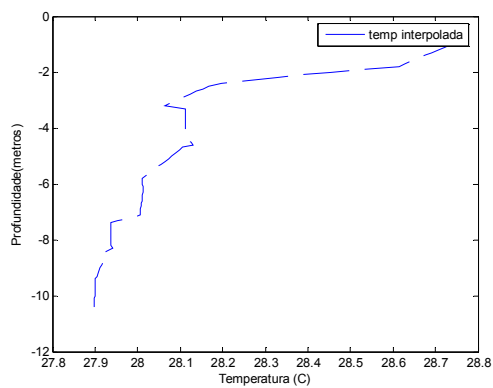


Ponto Ilha/SIZÍGIA.

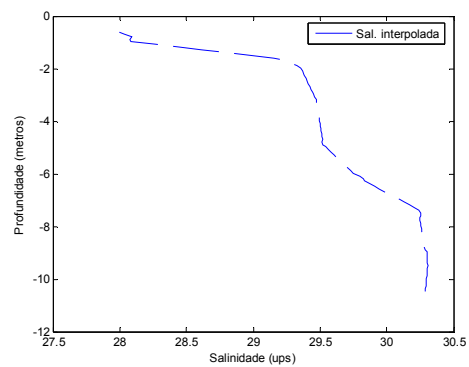
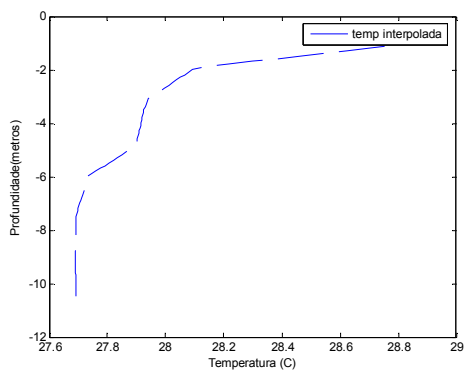
Perfil 1.



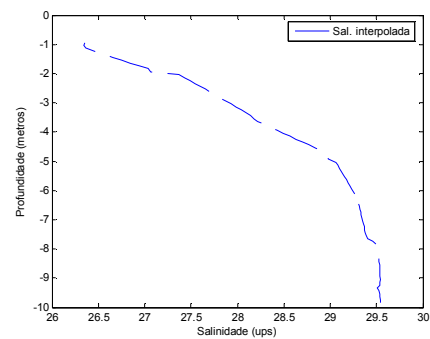
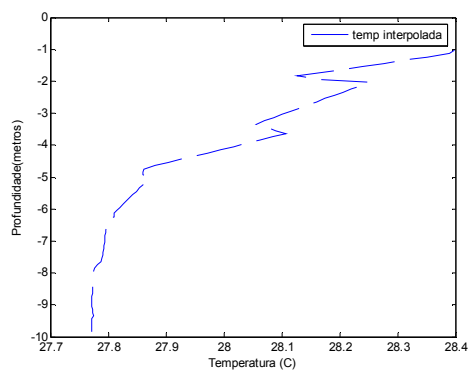
Perfil 2



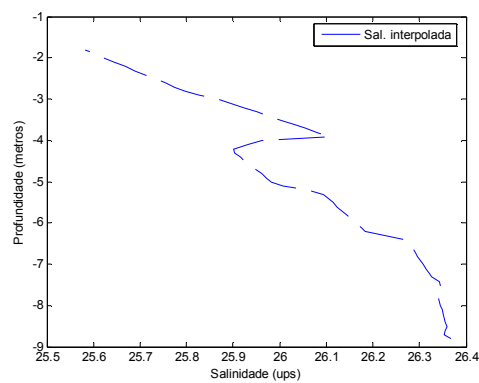
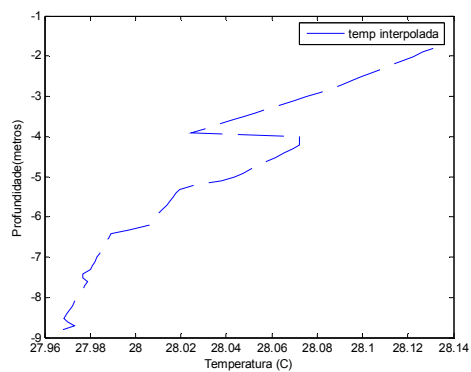
Perfil 3



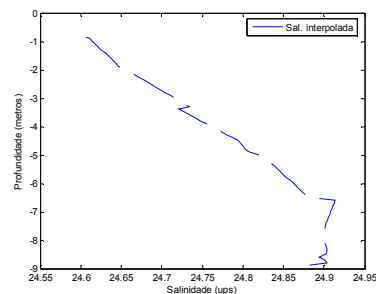
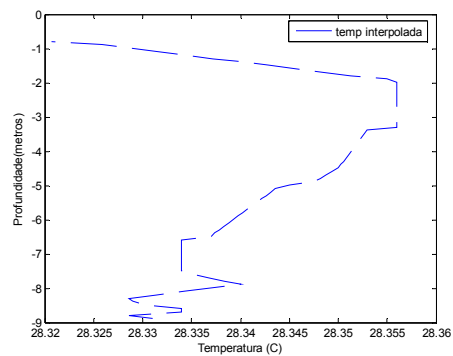
Perfil 4



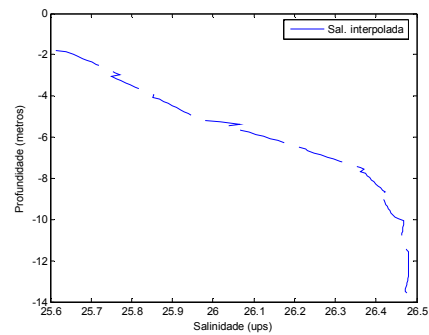
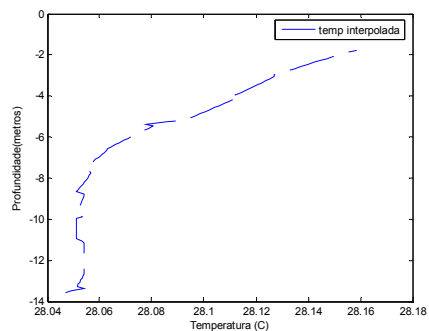
Perfil 5



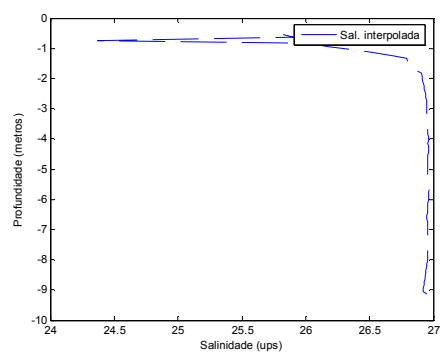
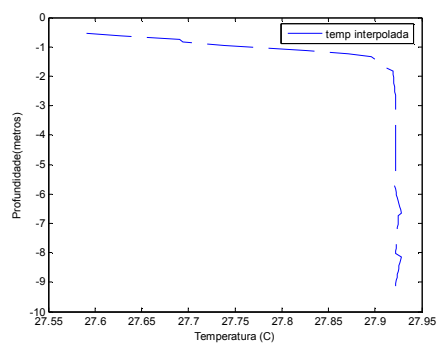
Perfil 6



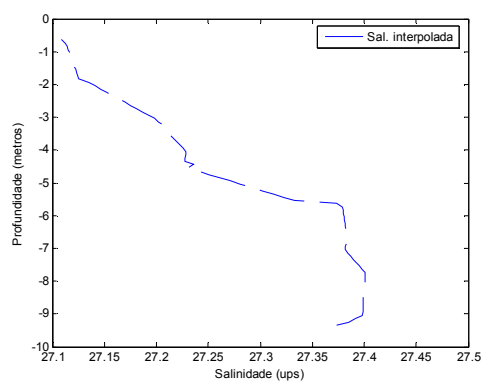
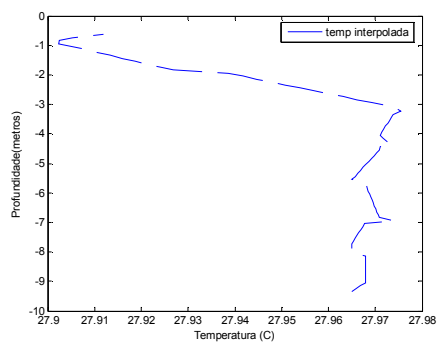
Perfil 7.



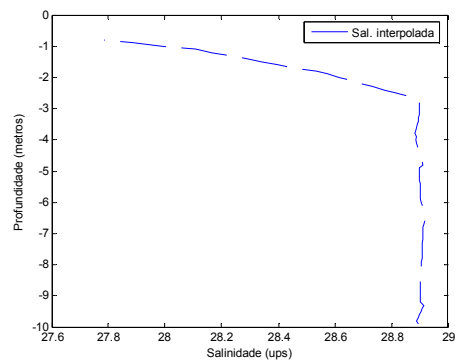
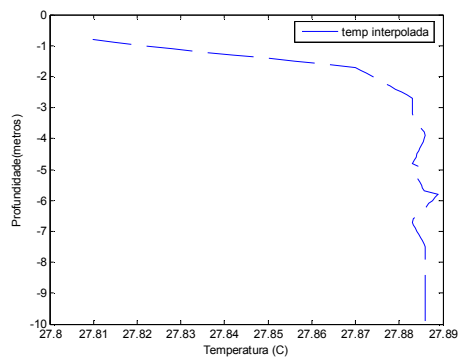
Perfil 8.



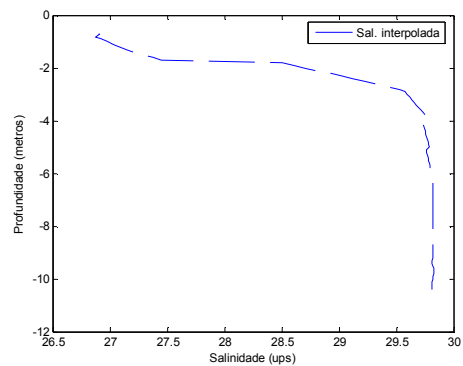
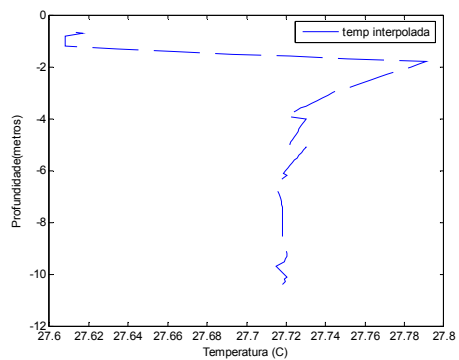
Perfil 9.



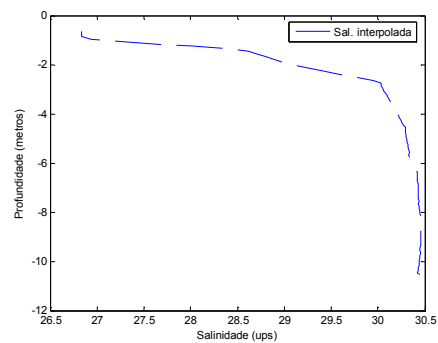
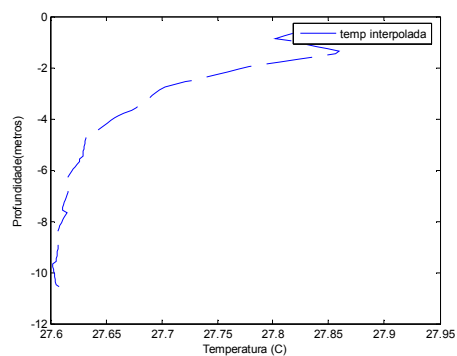
Perfil 10



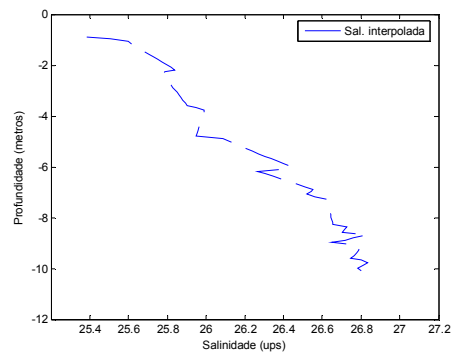
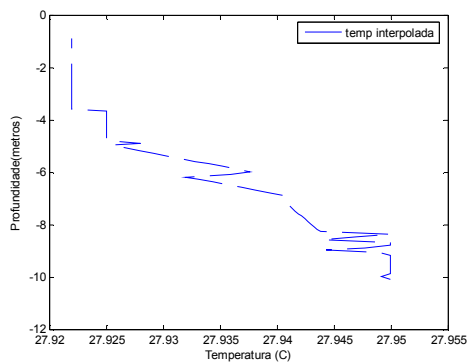
Perfil 11



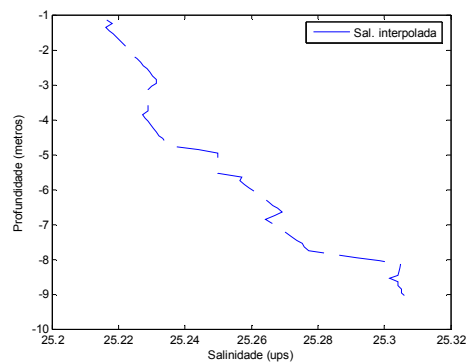
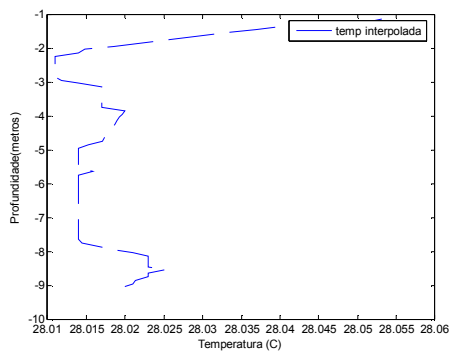
Perfil 12



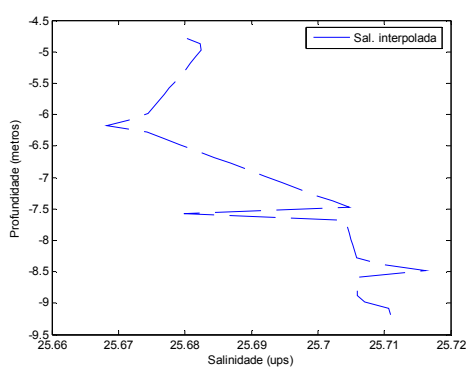
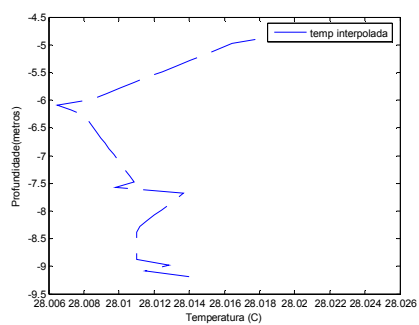
Perfil 13



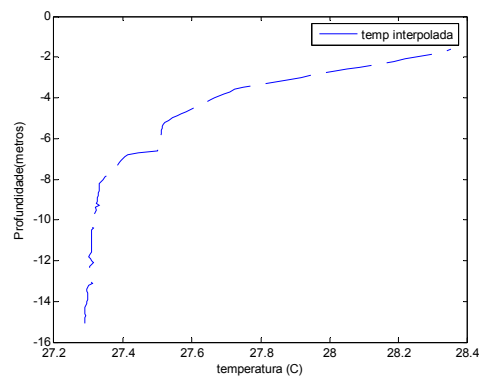
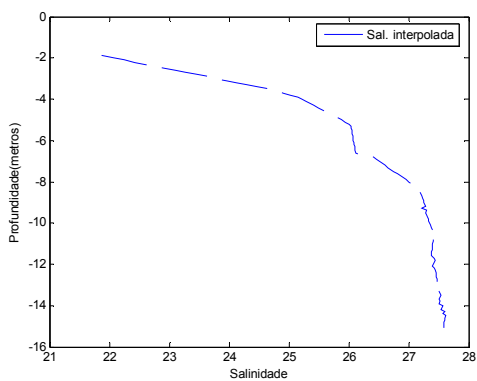
Perfil 14



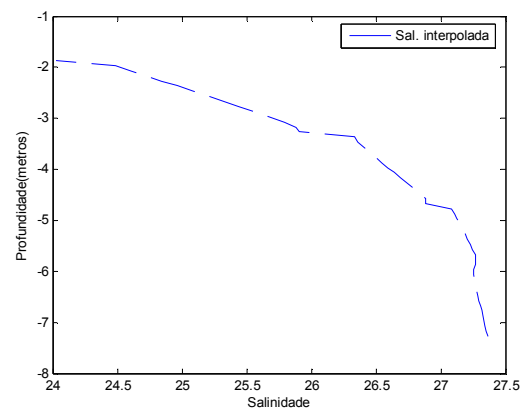
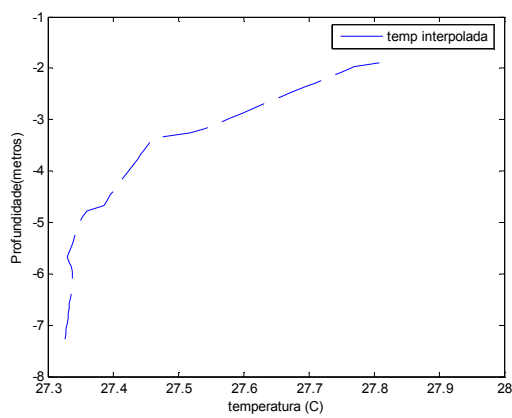
Perfil 15



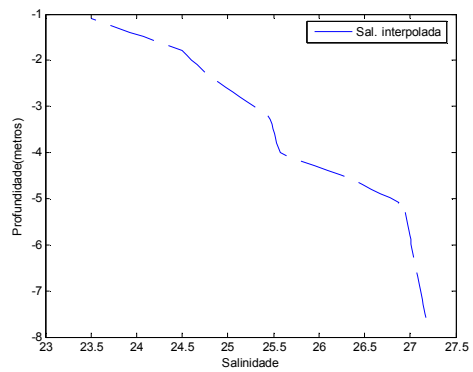
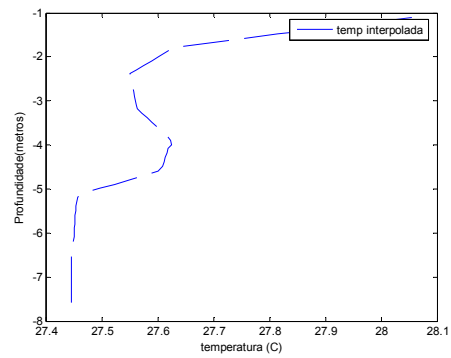
Ponto Canal/QUADRATURA
Perfil 1



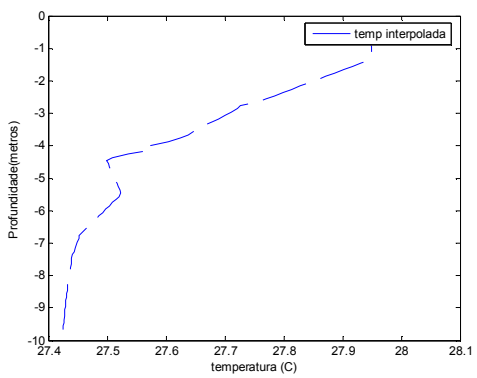
Perfil 2.

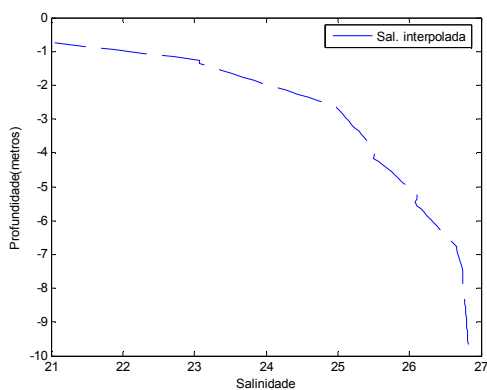


Perfil 3.

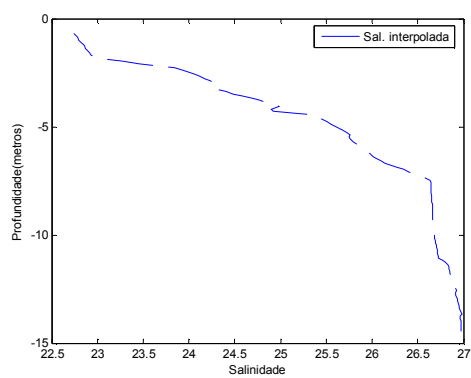
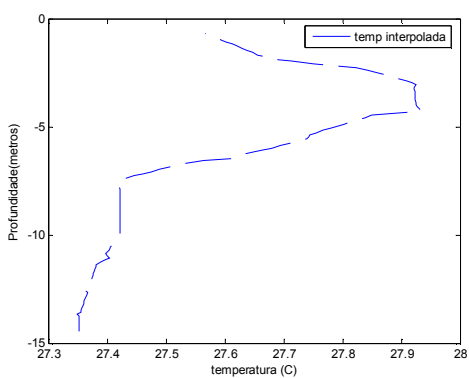


Perfil 4.

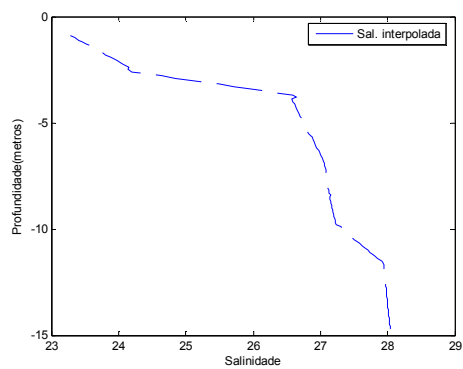
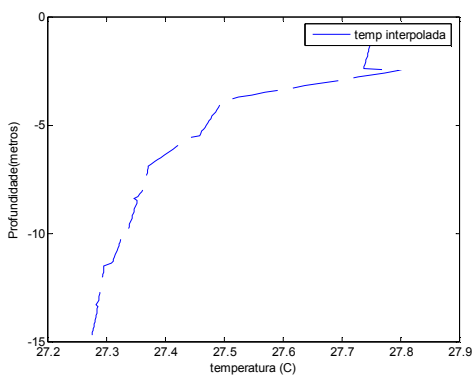




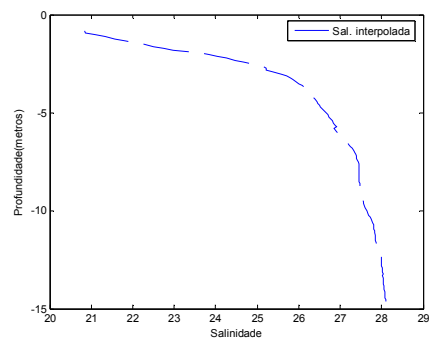
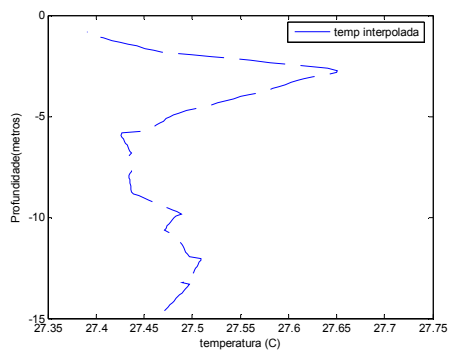
Perfil 5



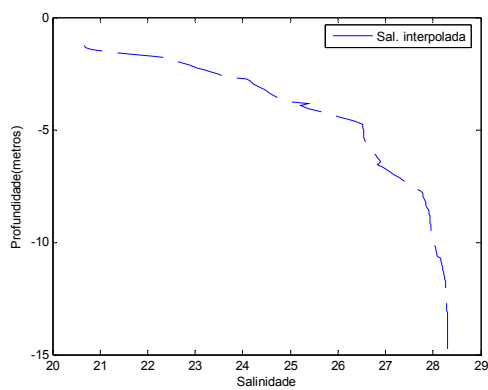
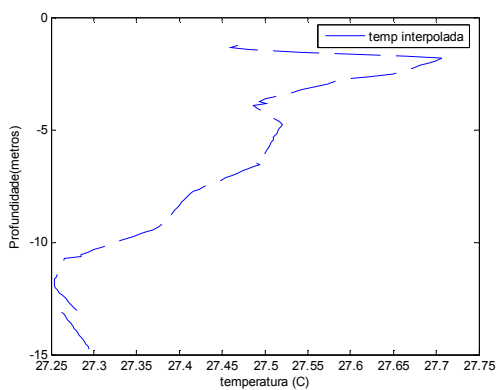
Perfil 6.



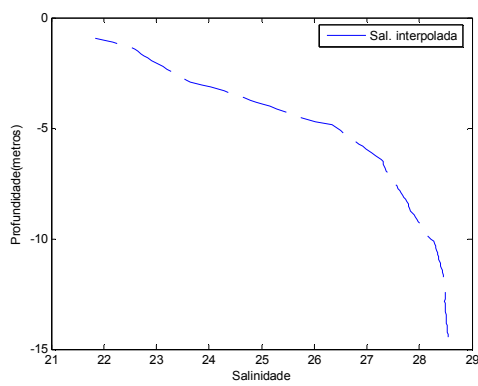
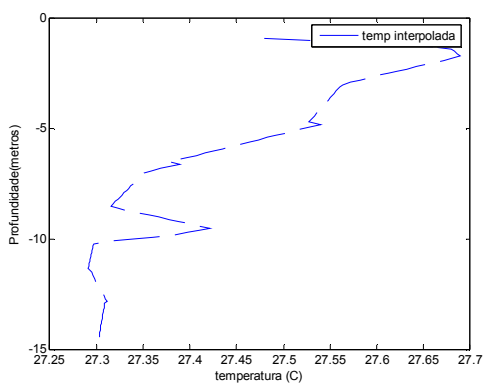
Perfil 7.



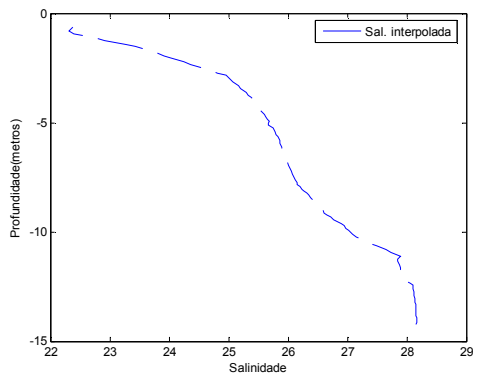
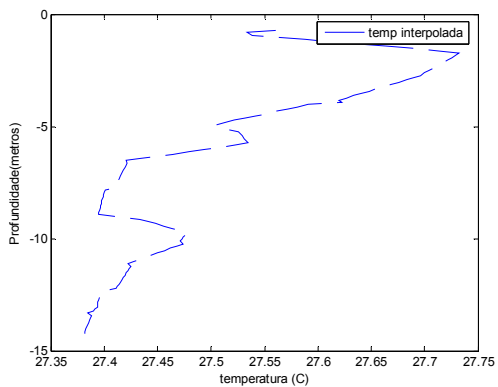
Perfil 8.



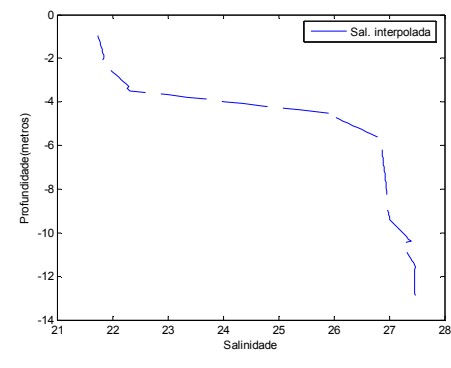
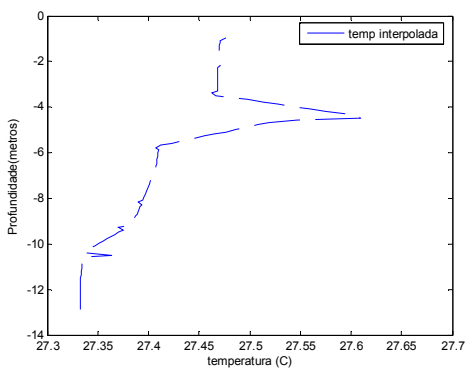
Perfil 9.



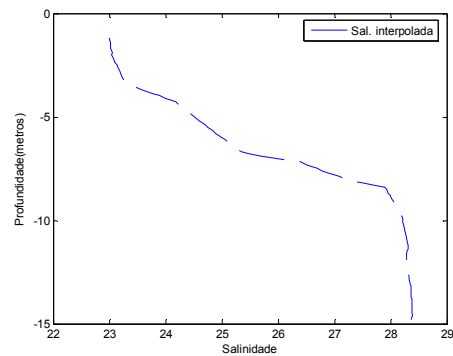
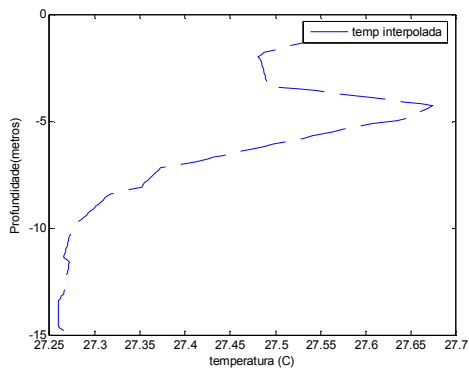
Perfil 10



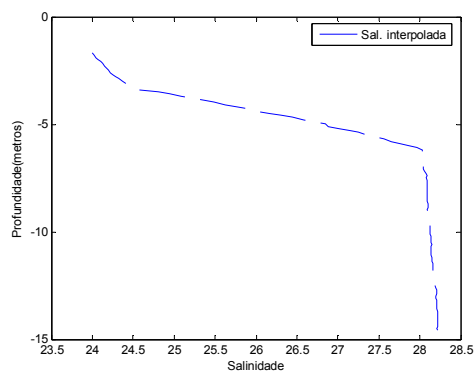
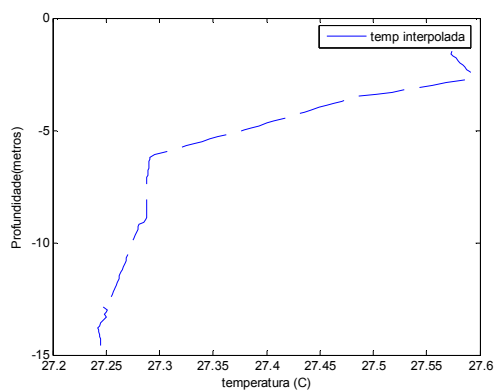
Perfil 11



Perfil 12

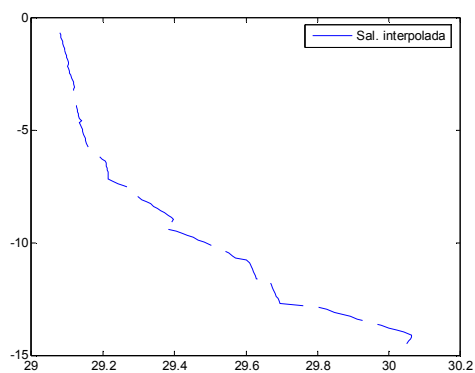
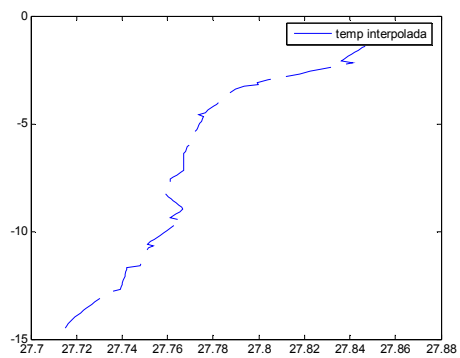


Perfil 13

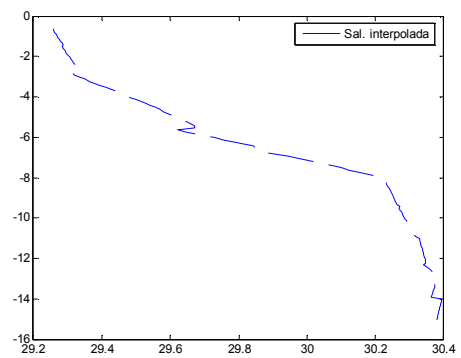
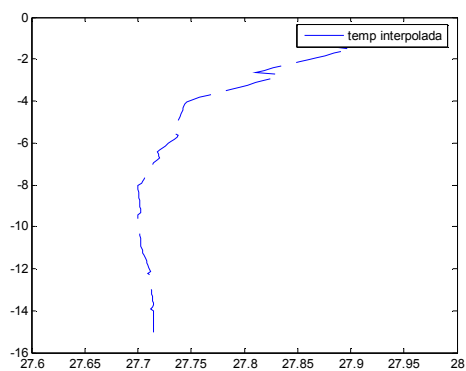


Ponto Canal/SIZÍGIA

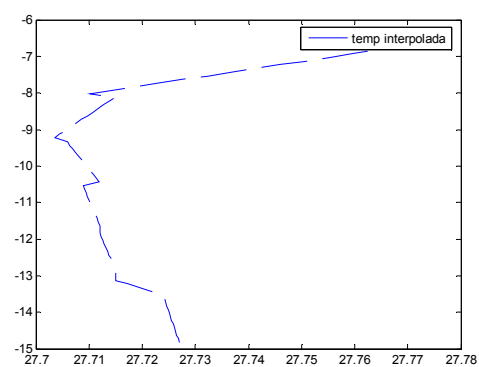
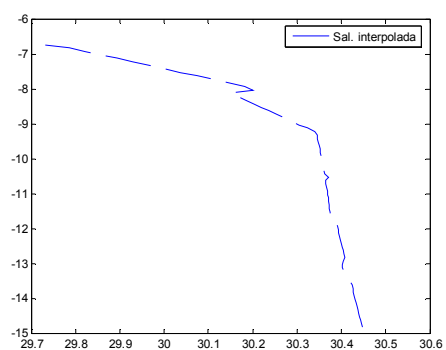
Perfil 1



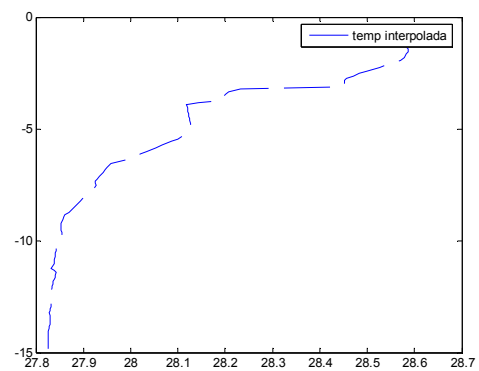
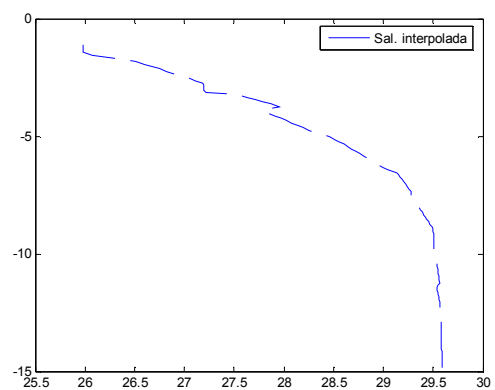
Perfil 2



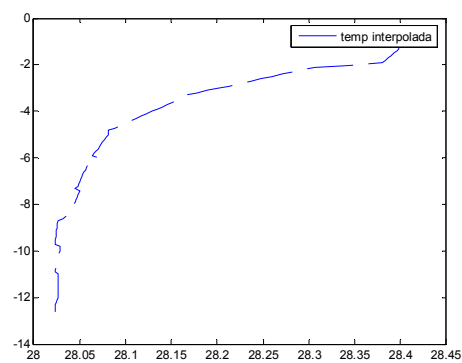
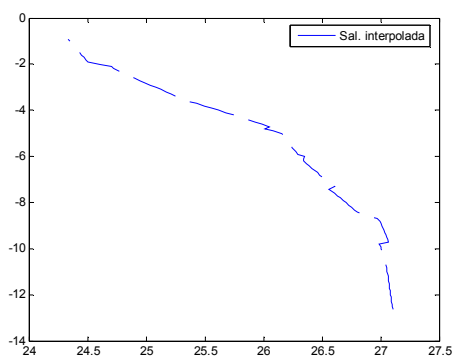
Perfil 3.



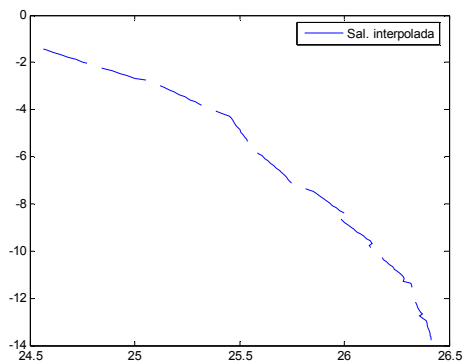
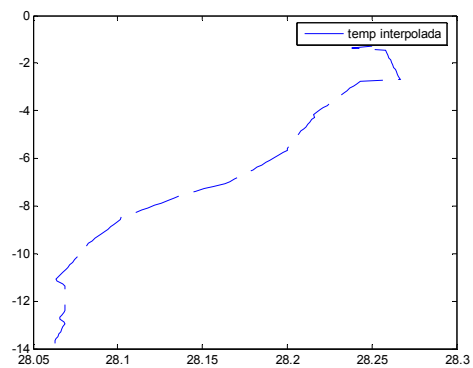
Perfil 4



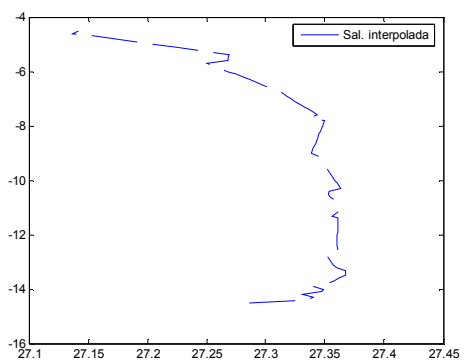
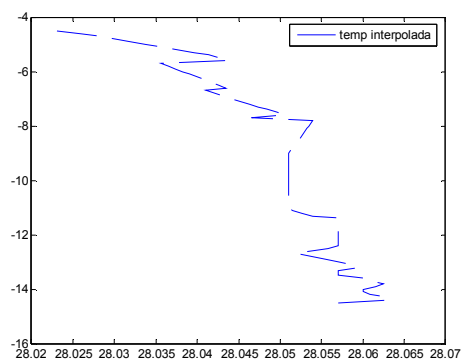
Perfil 5



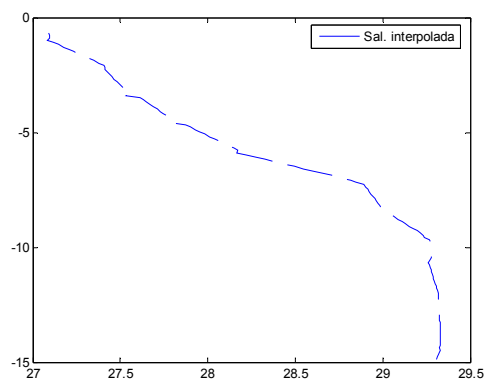
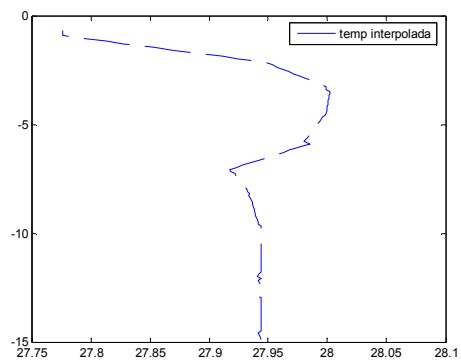
Perfil 6



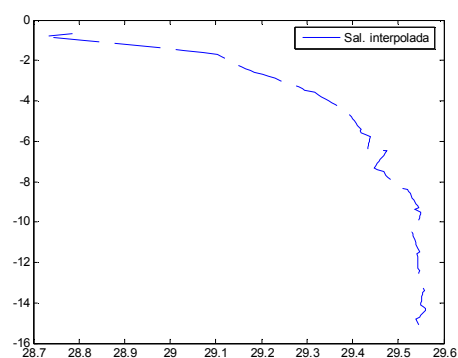
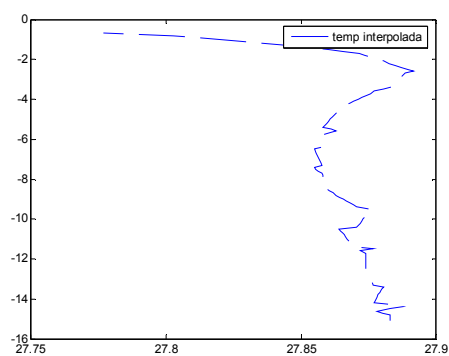
Perfil 7.



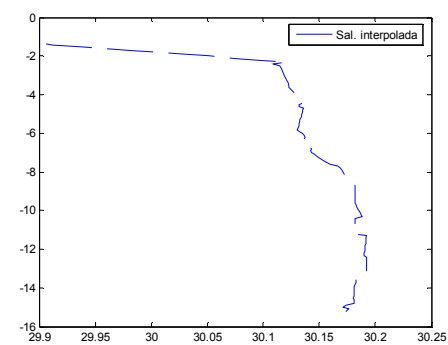
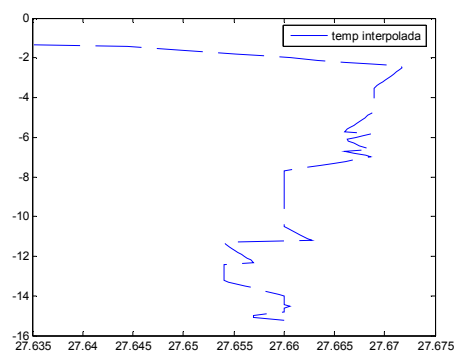
Perfil 8.



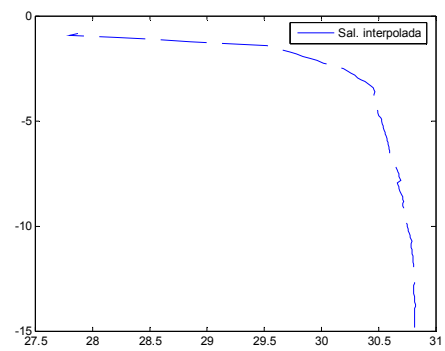
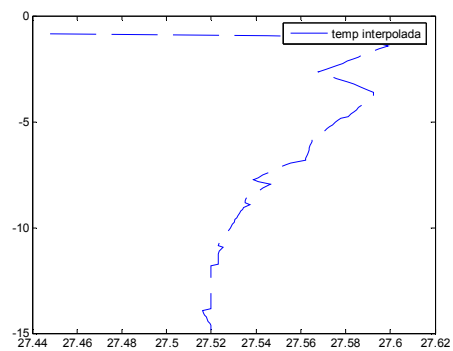
Perfil 9.



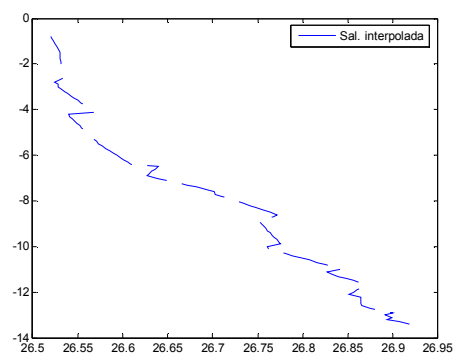
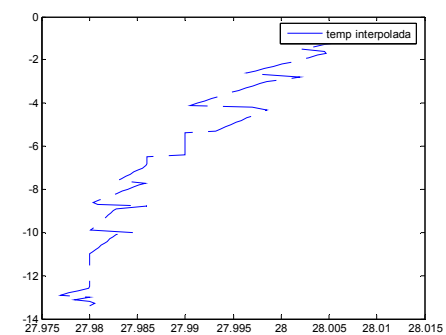
Perfil 10.



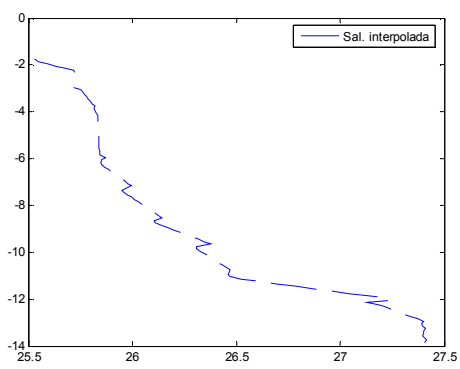
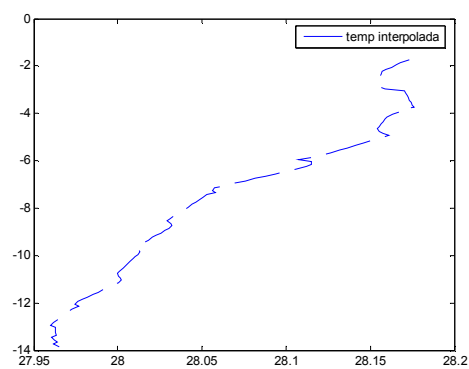
Perfil 11.



Perfil 12.

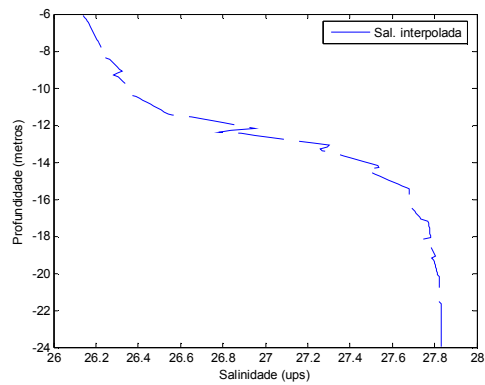
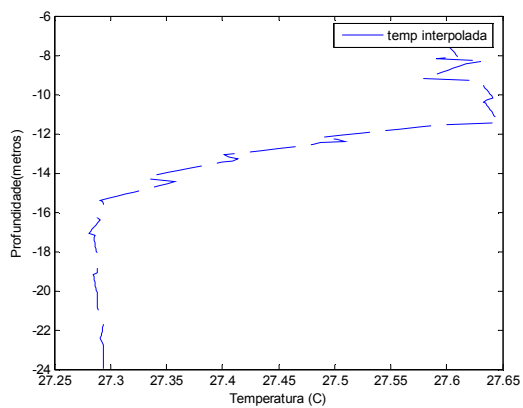


Perfil 13

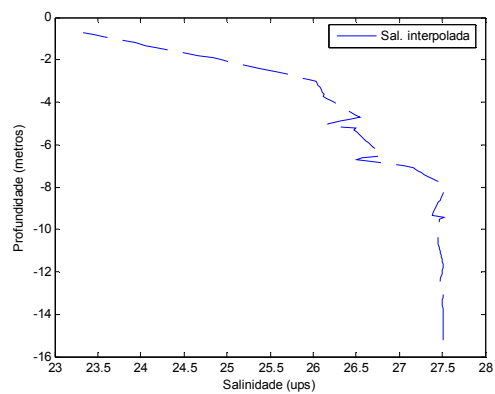
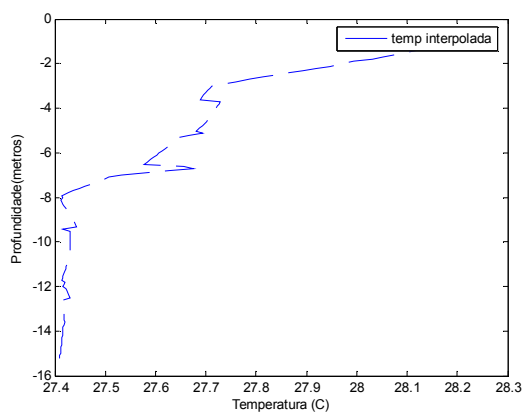


Ponto Pontal/QUADRATURA

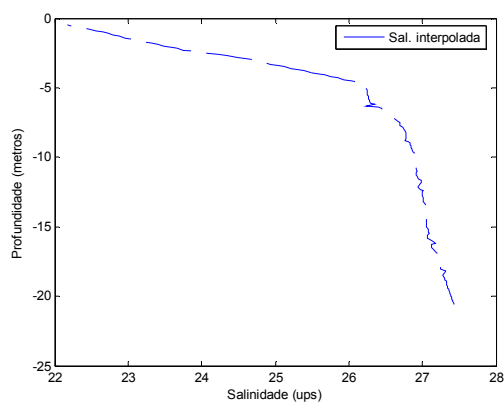
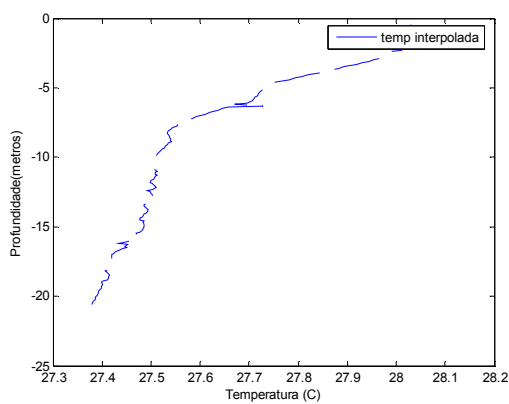
Perfil 1



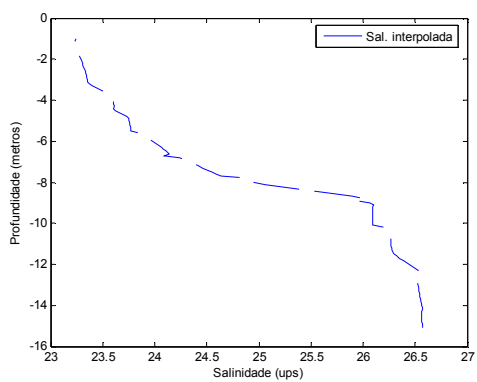
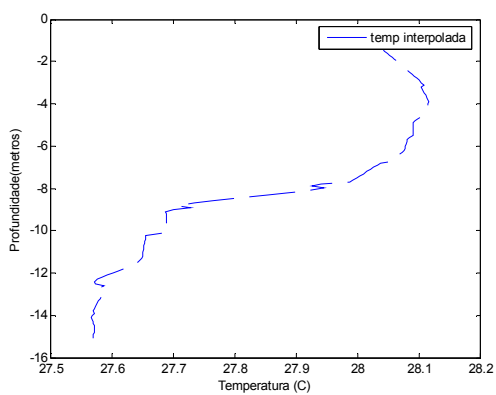
Perfil 2



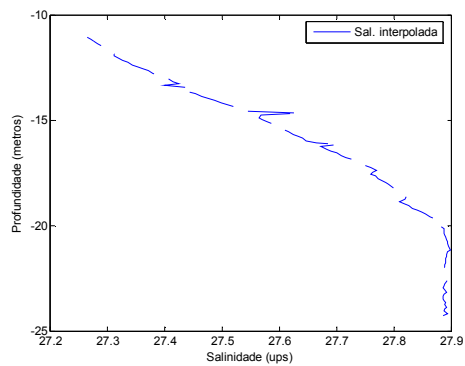
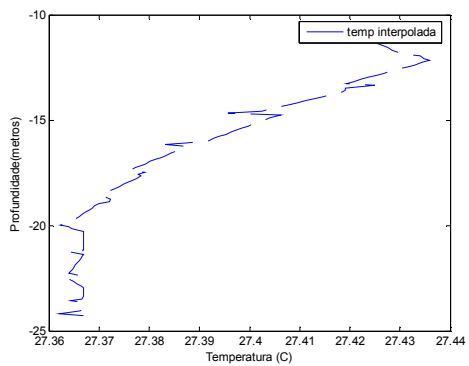
Perfil 3



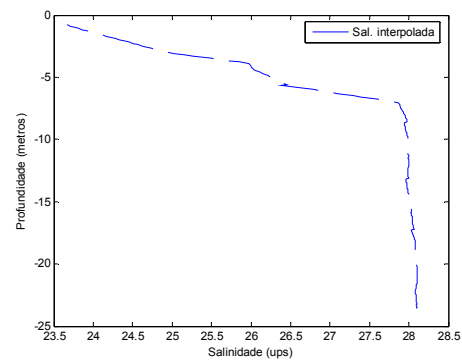
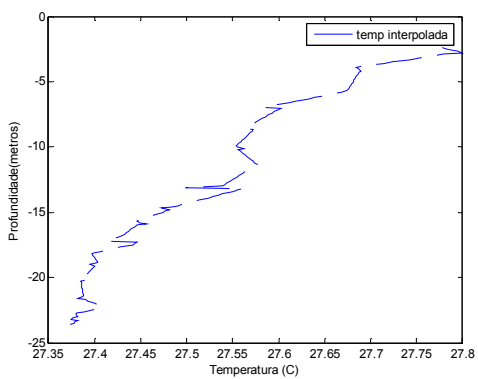
Perfil 4



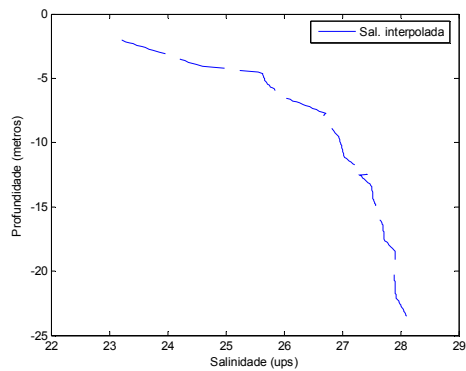
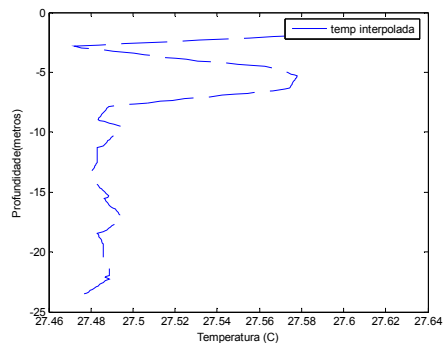
Perfil 5



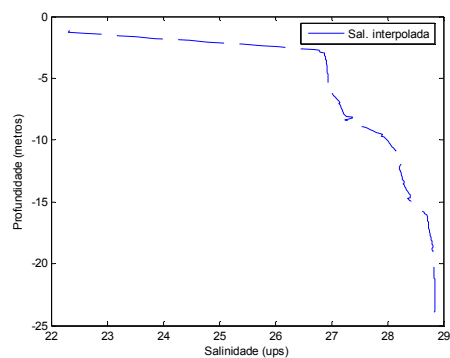
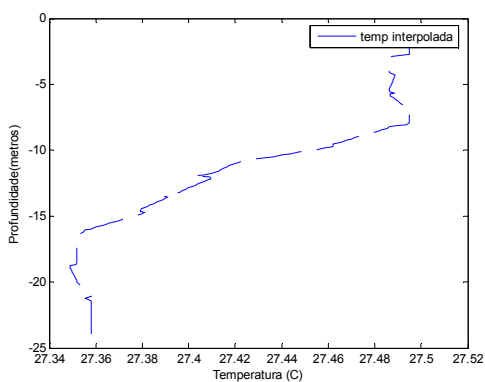
Perfil 6



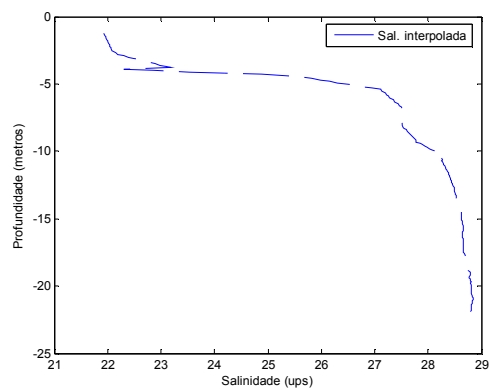
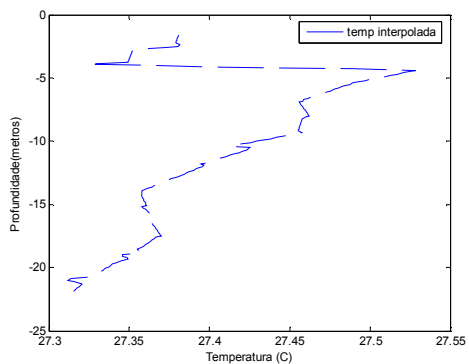
Perfil 7



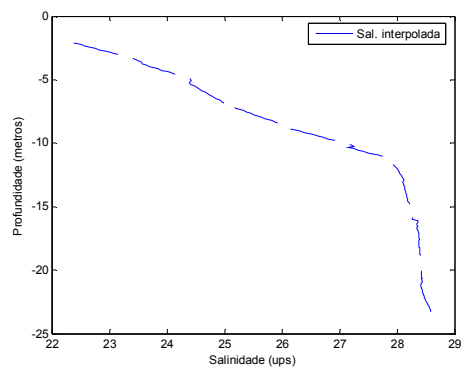
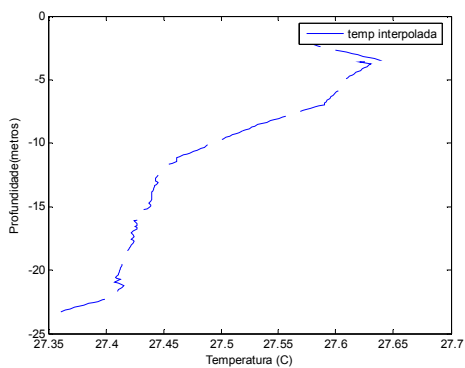
Perfil 8.



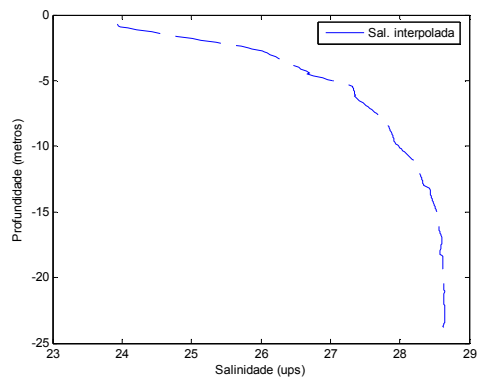
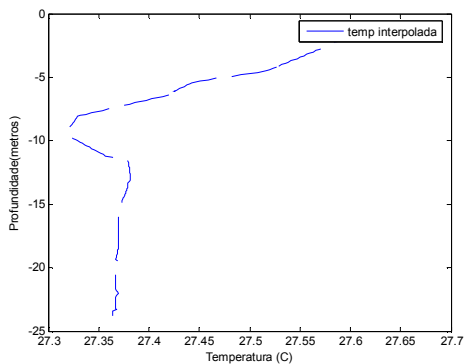
Perfil 9



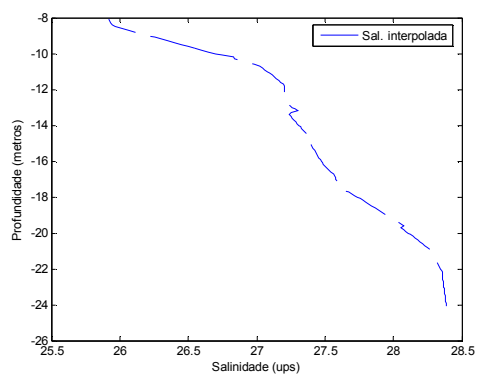
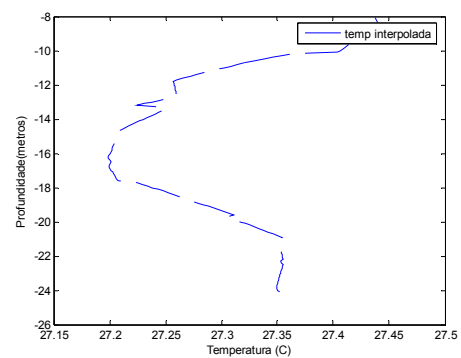
Perfil 10



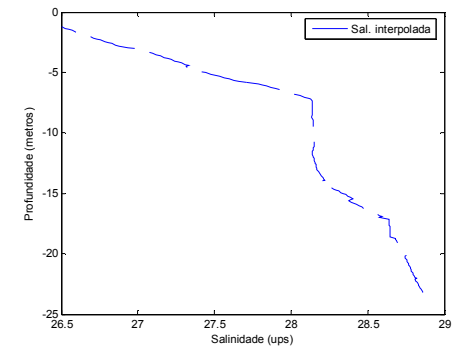
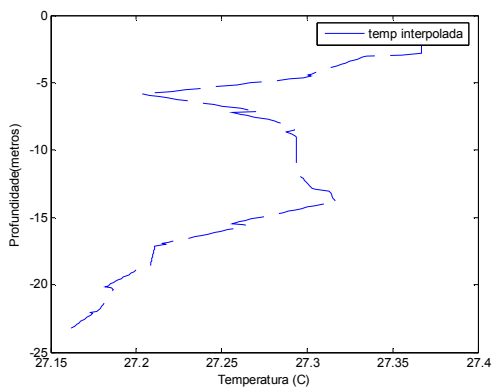
Perfil 11



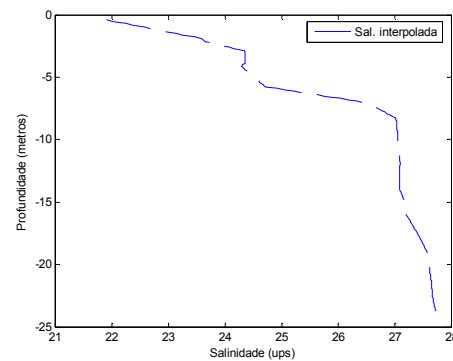
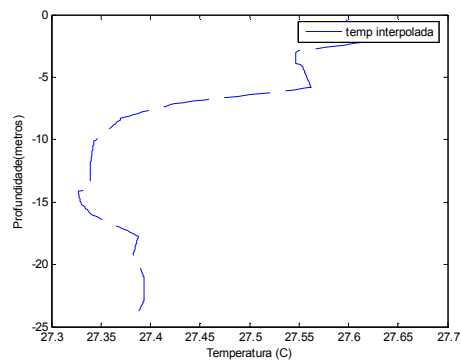
Perfil 12



Perfil 13

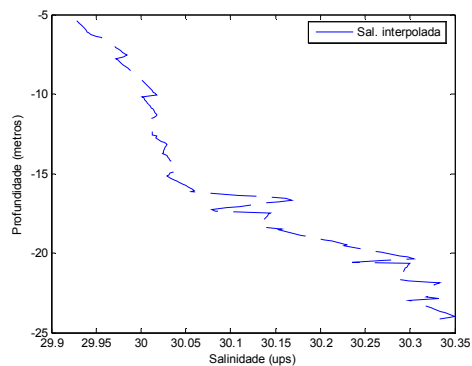
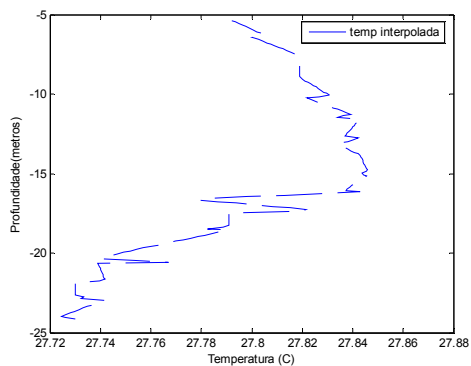


Perfil 14

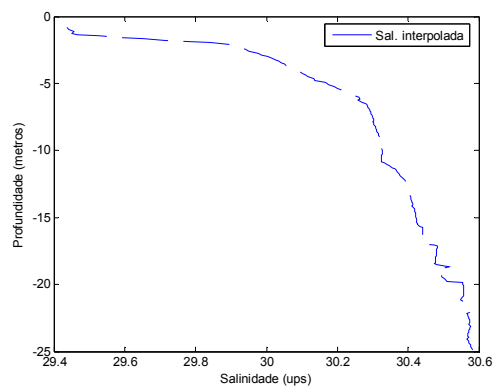
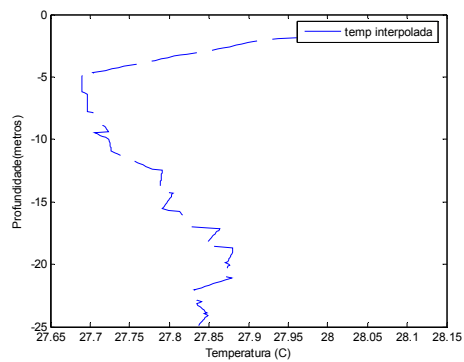


Ponto Pontal/SIZÍGIA.

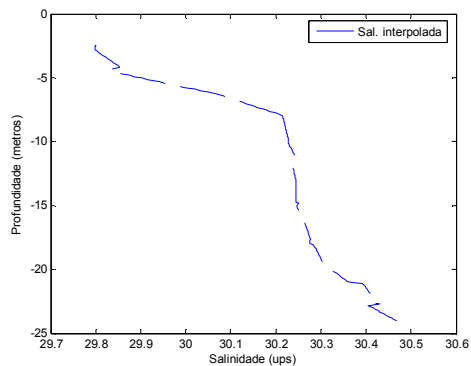
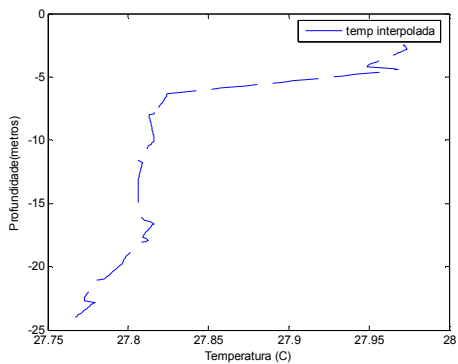
Perfil 1



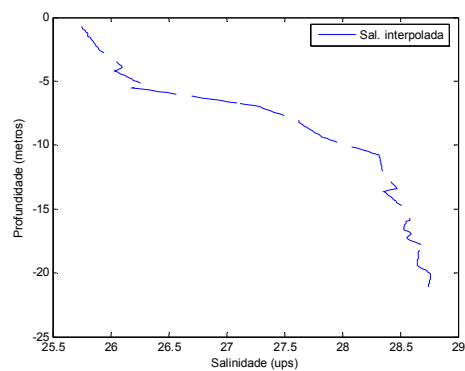
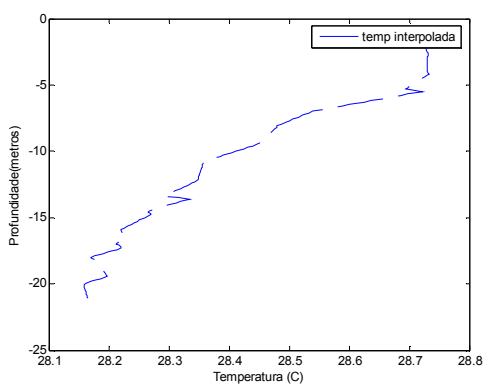
Perfil 2



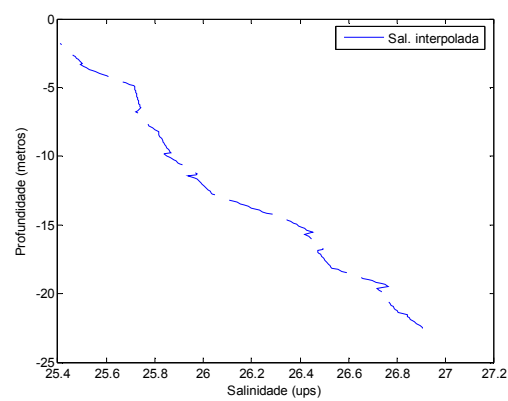
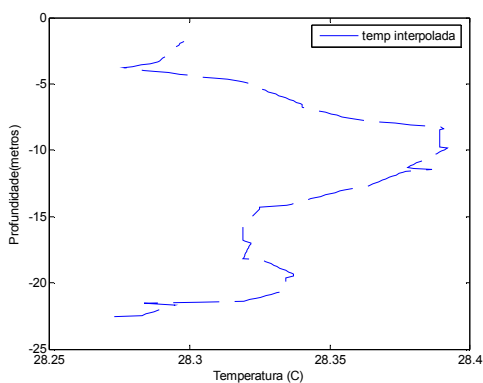
Perfil 3



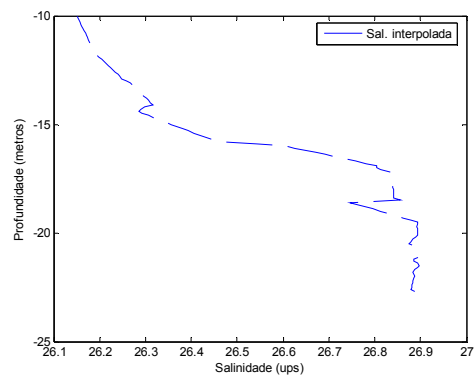
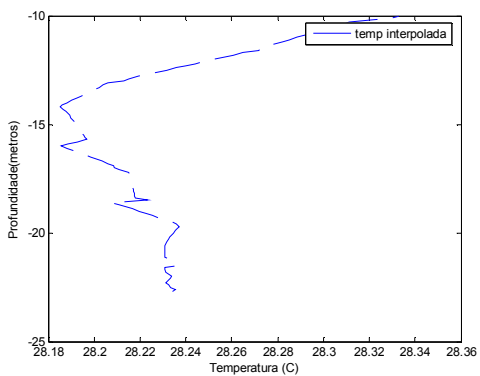
Perfil4



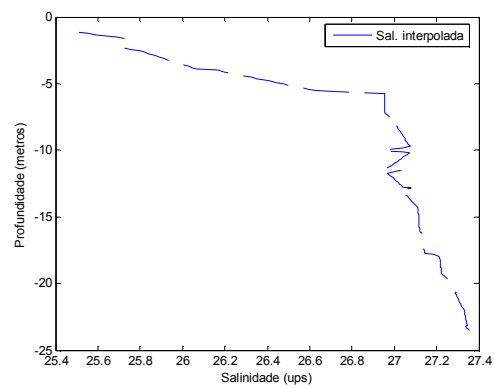
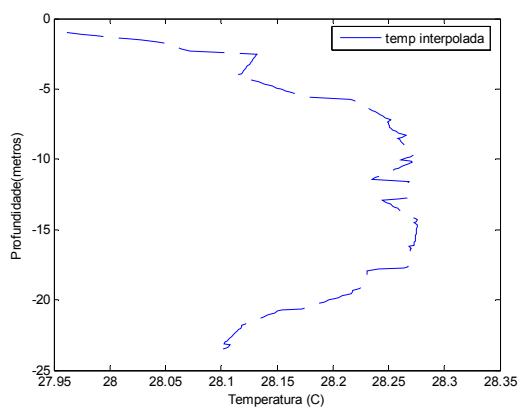
Perfil 5



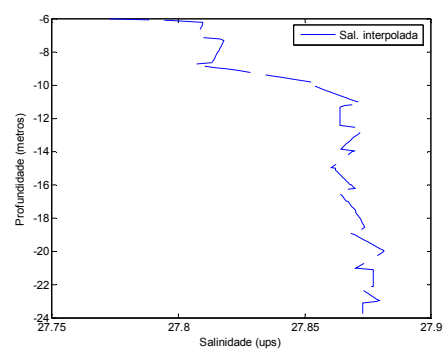
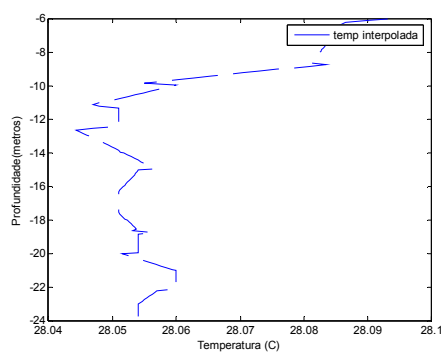
Perfil 6.



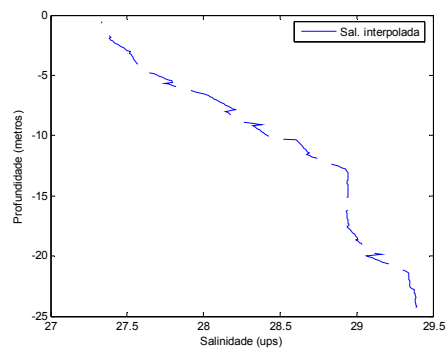
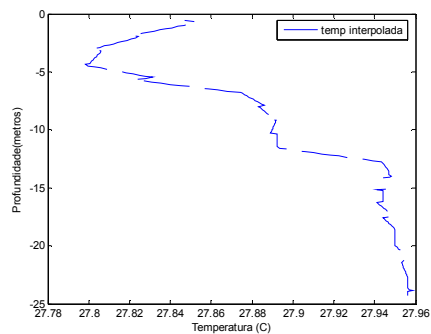
Perfil 7.



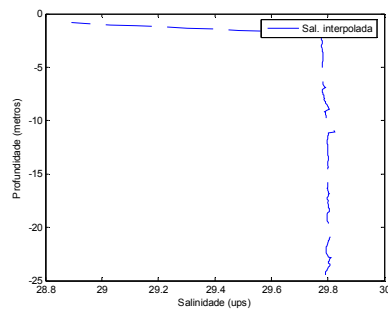
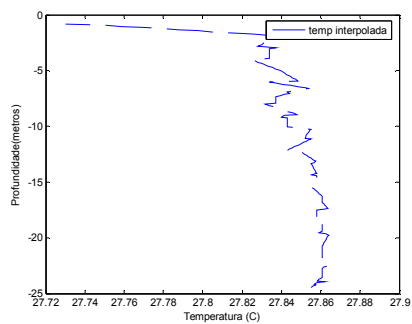
Perfil 8.



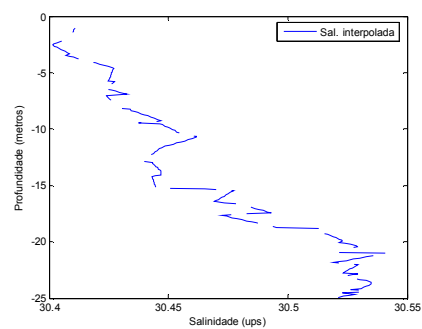
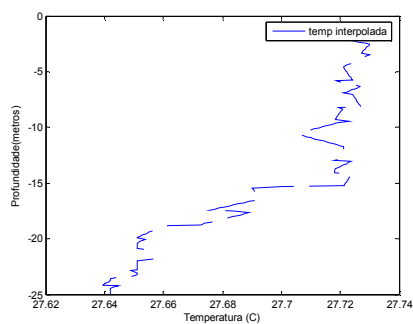
Perfil 9



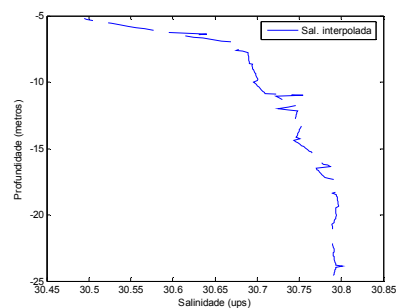
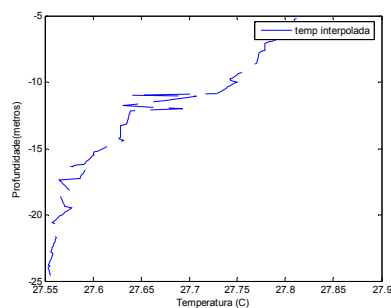
Perfil 10



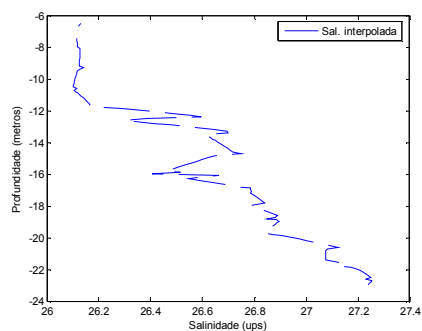
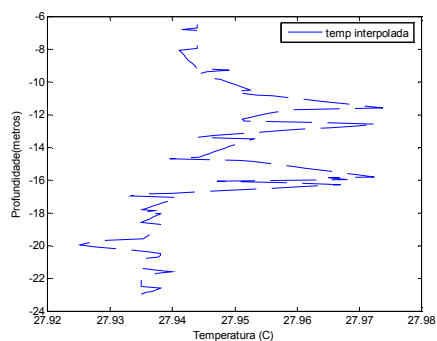
Perfil 11



Perfil 12



Perfil 13



Perfil 14

